

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

CARACTERIZACIÓN DE EFLUENTES DE UN
INGENIO AZUCARERO

TESIS

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ANA LUCÍA ESPINOSA ORANTES
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA QUÍMICO

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 1999



HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

**CARACTERIZACIÓN DE EFLUENTES DE
UN INGENIO AZUCARERO**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química con fecha de 20 de septiembre de 1999.


Ana Lucía Espinosa

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Herbert René Miranda Barrios
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
VOCAL III	Ing. Jorge Benjamín Gutiérrez Quintana
VOCAL IV	Br. Mauricio Alberto Grajeda Guzmán
VOCAL V	Br. Oscar Stuardo Chinchilla Mariscal
SECRETARIA	Inga. Gilda Marina Castellanos Baiza de Illescas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN
GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Herbert René Miranda Barrios
EXAMINADOR	Ing. Manuel Gilberto Galván Estrada
EXAMINADOR	Ing. Julio Enrique Chávez Montufar
EXAMINADOR	Ing. Hector Adolfo Ruiz Godoy
SECRETARIA	Inga. Gilda Marina Castellanos Baiza de Illescas



FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, 23 de octubre de 1999

Ingeniero
Otto Raúl de León
Director de Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería
Presente.

Estimado Ingeniero de León:

Por este medio me permito informarle que he revisado el Informe Final de Tesis de la estudiante **Ana Lucía Espinosa Orantes**, titulado: **Caracterización de Efluentes de un Ingenio Azucarero**.

He encontrado el trabajo satisfactorio por lo que remito a su consideración para proseguir con los trámites correspondientes.

Sin ningún otro particular me suscribo de usted,

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Dr. Rodolfo Espinosa Smith
Asesor de Tesis

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, 3 de noviembre de 1,999.

Ingeniero
Otto Raúl de León de Paz
Director Escuela Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería
Presente.

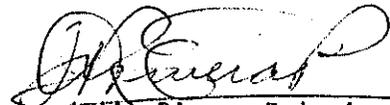
Estimado Ingeniero de León.

Por medio de la presente me dirijo a usted para hacer de su conocimiento que he revisado el Informe Final de Tesis de la estudiante **Ana Lucía Espinosa Orantes**, titulado: **CARACTERIZACION DE EFLUENTES DE UN INGENIO AZUCARERO**, dejo constancia de aprobación para la autorización del respectivo trabajo.

Agradeciéndole la atención que se sirva dar a la presente, le saluda.

Atentamente,

FEELICIDAD Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. JULIO RIVERA PALACIOS
REVISOR

/ag

Escuelas: Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, Escuela de Ciencias, Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (RIS), Posgrado Maestría en Sistemas Mención Construcción y Mención Ingeniería Vial. Carreras: Ingeniería Mecánica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería en Ciencias y Sistemas, Licenciatura en Matemática, Licenciatura en Física. Centros: de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM), Guatemala, Ciudad Universitaria, Zona 12, Guatemala, Centroamérica.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Química, Ing. Otto Raúl de León de Paz, después de conocer el dictamen del Asesor con el Visto Bueno del Jefe de Departamento, al trabajo de Tesis de la estudiante, Ana Lucía Espinosa Orantes, titulado: **CARACTERIZACION DE EFLUENTES DE UN INGENIO AZUCARERO**, procede a la autorización del mismo.


Ing. Otto Raúl de León de Paz
DIRECTOR ESCUELA INGENIERIA QUIMICA

Guatemala, noviembre de 1,999.

/ga

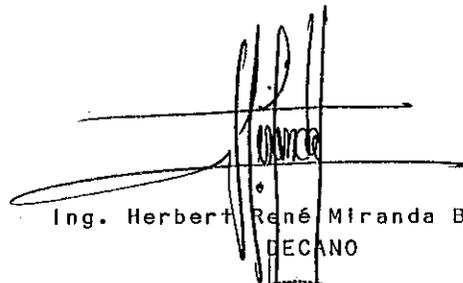
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Decano de la Facultad de Ingeniería, luego de conocer la autorización por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al trabajo de Tesis titulado: **CARACTERIZACION DE EFLUENTES DE UN INGENIO AZUCARERO**, de la estudiante **Ana Lucia Espinosa Orantes**, procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE:



Ing. Herbert René Miranda Barrios
DECANO



Guatemala, noviembre de 1,999.

/ga

DEDICATORIA

A mis padres:

Rodolfo Francisco Espinosa Smith

Julia Sara Orantes de Espinosa

A mis hermanos:

Sara, Rodolfo y Sofía.

A mi novio:

Max Mauricio Letona Galdámez

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Rodolfo Espinosa por ser un magnífico asesor, un excelente profesional y sobre todo, un dedicado y cariñoso padre.

A todas las personas que me han motivado y apoyado durante toda mi etapa universitaria.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	I
GLOSARIO	III
RESUMEN	VII
INTRODUCCIÓN	VIII
OBJETIVOS	X
HIPÓTESIS	XI
1. ANTECEDENTES	I
1.1 Agua en el proceso	1
1.2 Efluentes	2
2. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	5
CONCLUSIONES	62
RECOMENDACIONES	65
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
ANEXOS	68

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figuras

No.	Nombre	Página
1	Circuito actual de agua	7
2	DBO promedio en cada punto	8
3	DQO promedio en cada punto	9
4	pH promedio en cada punto	10
5	Temperatura promedio en cada punto	11
6	Oxígeno disuelto promedio en cada punto	12
7	Turbidez promedio en cada punto	13
8	Rangos de DBO en puntos de muestreo	14
9	Rangos de DQO en puntos de muestreo	15
10	Rangos de temperatura en puntos de muestreo	16
11	Rangos de pH en puntos de muestreo	17
12	Rangos de oxígeno disuelto en puntos de muestreo	18
13	Rangos de turbidez en puntos de muestreo	19
14	DBO en afluente P1	20
15	DBO en desfogue P3	21
16	DBO en afluente P4	22
17	DBO en desfogue P5	23
18	DBO en desfogue P6	24
19	DBO en desfogue P7	25
20	DBO en desfogue P8	26
21	DQO en afluente P1	27
22	DQO en desfogue P3	28
23	DQO en afluente P4	29
24	DQO en desfogue P5	30
25	DQO en desfogue P6	31
26	DQO en desfogue P7	32
27	DQO en desfogue P8	33
28	Temperatura en afluente P1	34
29	Temperatura en desfogue P3	35
30	Temperatura en afluente P4	36
31	Temperatura en desfogue P5	37

32	Temperatura en desfogue P6	38
33	Temperatura en desfogue P7	39
34	Temperatura en desfogue P8	40
35	pH en afluente P1	41
36	pH en desfogue P3	42
37	pH en afluente P4	43
38	pH en desfogue P5	44
39	pH en desfogue P6	45
40	pH en desfogue P7	46
41	pH en desfogue P8	47
42	Oxígeno disuelto en afluente P1	48
43	Oxígeno disuelto en desfogue P3	49
44	Oxígeno disuelto en afluente P4	50
45	Oxígeno disuelto en desfogue P5	51
46	Oxígeno disuelto en desfogue P6	52
47	Oxígeno disuelto en desfogue P7	53
48	Oxígeno disuelto en desfogue P8	54
49	Turbidez en afluente P1	55
50	Turbidez en desfogue P3	56
51	Turbidez en afluente P4	57
52	Turbidez en desfogue P5	58
53	Turbidez en desfogue P6	59
54	Turbidez en desfogue P7	60
55	Turbidez en desfogue P8	61
56	Circuito de agua con cambios propuestos	64

Tablas

No.	Nombre	Página
I	Demanda bioquímica de oxígeno (Mg/l)	69
II	Demanda química de oxígeno (Mg/l)	70
III	Temperatura (°C)	71
IV	pH	72
V	Oxígeno disuelto	73
VI	Turbidez	74

GLOSARIO

- Bagacillo** Son partículas pequeñas de bagazo, generalmente de 80 a 90% en el tamiz de 14 mallas. Éste es utilizado en el proceso de filtrado, para dar solidez a la cachaza, en una relación aproximada de 15 a 30 % de la materia seca en la torta o de 6 a 12 lbs por tonelada de caña limpia.
- Bagazo** Es la fibra leñosa de la caña de azúcar, en la que permanecen el jugo residual y la humedad provenientes del proceso de extracción. Aproximadamente la mitad es fibra, y la otra mitad es jugo residual. La mayoría del bagazo sirve como combustible para la generación de vapor, el exceso es almacenado para su uso posterior, puede ser utilizado como alimento para ganado.
- Cachaza** Es producto de la clarificación del jugo de caña, y la constituyen lodos, ceras de la caña, el bagacillo que se añade para dar consistencia y humedad proveniente de los jugos.
- Ceniza** Es el nombre aplicado a los residuos de la combustión del bagazo en las calderas. También se clasifican bajo este nombre las partículas de carbón que son resultado de una combustión incompleta.

**Demanda bioquímica
de oxígeno (DBO₅)**

Define la cantidad de oxígeno disuelto en una muestra de agua, que se consume durante 5 días como consecuencia de la acción de los microorganismos presentes (natural o artificialmente) sobre el contenido de materia orgánica. Es un índice de la cantidad de materia biodegradable presente en la muestra. Se reporta en partes por millón o mg/l. Los límites permisibles dependen del uso que se le da al efluente. Para la descarga de las aguas servidas de la industria de la caña de azúcar el límite en una muestra promedio de 2 horas es de 40000 mg/l y para una muestra promedio de 24 horas es de 30000 mg/l.

**Demanda química
de oxígeno (DQO)**

Define la cantidad de oxígeno que sería necesaria para oxidar mediante reacciones químicas todos los compuestos oxidables presentes en una muestra de agua, incluyendo el material biodegradable. Es un índice de la cantidad de compuestos orgánicos e inorgánicos (no necesariamente dañinos o tóxicos) presentes en un efluente. Se reporta en partes por millón o en mg/l. Aunque los valores de DQO no son concluyentes para determinar contaminación, su determinación se hace por un método relativamente rápido y como guarda relación con el DBO₅ se usa como indicador para caracterizar aguas de desecho. Para la descarga de las aguas servidas de la industria de la caña de azúcar el límite de DQO para una muestra promedio de 2 horas es de 45000 mg/l y para una muestra promedio de 24 horas es de 40000 mg/l.

Estándares (standards) Son parámetros de referencia establecidos arbitraria y convencionalmente para fijar normas y límites de tolerancia. Varias instituciones internacionales (i.e. EPA – Environmental Protection Agency-, APHA – American Public Health Association) y nacionales (CONAMA , Ministerio de Salud Pública), han establecido estándares que varían de acuerdo al uso que se le dé al efluente.

Evaporadores Son recipientes utilizados en la fabricación de azúcar, para la evaporación del jugo convirtiéndolo en meladura. En los evaporadores el jugo se calienta, produciendo vapor, el cual es condensado por una corriente de agua más fría en el último efecto.

Oxígeno disuelto Es el contenido de oxígeno del agua, expresado en mg/l.

PH Indica una relación de contenido de iones libres en solución y representa el grado de acidez o basicidad del efluente. Un pH debajo de 5, además de indicar presencia fuerte de ácidos puede ser indicador de descomposición de materia orgánica y presencia de actividad microbiana. Un pH arriba de 8 indica fuerte concentración de álcalis y puede requerir neutralización. Un pH neutro (6.5-7.5) no necesariamente indica ausencia de contaminantes, ya que éstos pueden estar neutralizados.

Temperatura

Temperaturas arriba de 35°C, afectan negativamente a la fauna de un cuerpo de agua. Temperaturas menores a 90°C, aunque temporalmente inhiben la actividad microbiana, también propician la esporulación en algunas especies de microorganismos, provocando mayor proliferación cuando la temperatura baja a la temperatura ambiente.

RESUMEN

Este es un informe donde se presenta la caracterización de efluentes de un ingenio azucarero. Se caracterizan basándose en los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, pH, temperatura, oxígeno disuelto y turbiedad. Estos parámetros se determinan en 8 puntos a lo largo del circuito general de agua del proceso de fabricación de azúcar en forma de muestreos periódicos durante un período de tiempo determinado.

Estos valores se compararon con los límites máximos permisibles impuestos por las autoridades gubernamentales y se determinó que están muy por debajo de ellos, lo cual da un buen margen de tiempo para hacer optimizaciones en el circuito de agua.

En este informe se presentan los resultados obtenidos, entre los cuales destaca que los problemas principales para el manejo de los efluentes finales son los contenidos de DQO, DBO y temperatura en algunos de los circuitos de agua utilizados para el proceso, aunque al final en los efluentes consolidados los valores de esos indicadores están cercanos a los valores recomendables, según su uso fuera del ingenio. Para concluir se recomiendan algunos cambios inmediatos y otros que requieren mayor inversión.

INTRODUCCIÓN

Con el afán de optimizar el uso del agua utilizada para el proceso de fabricación de azúcar durante la zafra, y consciente de la problemática que representan los efluentes que se producen y que en su mayoría se utilizan para irrigar los campos sembrados de caña se realizó el presente informe para estudiar los circuitos de agua, caracterizar los efluentes con el propósito de plantear soluciones.

Se procedió a tomar muestras de distintos puntos del circuito de agua en el proceso, analizarlas y determinar los parámetros de DBO, DQO, pH, temperatura, oxígeno disuelto y turbiedad. El propósito de caracterizar así el agua es el de obtener valores mensurables que dan una indicación del grado de contaminación del agua y los usos que se le pueden dar al efluente, cosa que no se podría hacer con solo olerla, probarla y decidir que está contaminada porque tiene mal aspecto, sabor u olor.

Otro objetivo consiste en comparar los resultados con los límites permisibles máximos de estos parámetros que dictan las leyes gubernamentales y los cuales son impuestos por CONAMA. Resulta que los límites máximos permisibles están muy por encima de los valores obtenidos en el estudio. También se determinó algunas acciones que se pueden hacer para bajar aún más los niveles de demanda de oxígeno, como poner trampas de aceites en los talleres, recircular el agua, incluso formar algunos circuitos cerrados de agua cuando ésta funciona como fluido de intercambio de calor y utilizar una serie de filtros por todo el circuito general de agua del proceso.

Finalmente se concluyó que el ingenio no tiene obligación de cambiar nada, pero es una muy buena medida política, social, y a la larga, económica, el realizar varios cambios relativamente sencillos en su circuito de agua en el proceso.

OBJETIVOS

1. Describir los circuitos de agua que utiliza un ingenio azucarero para llevar a cabo sus procesos.
2. Caracterizar los efluentes de un ingenio azucarero basándose en los parámetros de demanda de oxígeno, oxígeno disuelto, turbiedad, pH, y temperatura.
3. Comparar los valores de los parámetros de caracterización de los efluentes con los valores permitidos por las entidades reguladoras gubernamentales.
4. Basándose en los resultados obtenidos, describir las posibles formas de disposición de los efluentes del ingenio azucarero y plantear el diseño preliminar para las mismas.

HIPÓTESIS

Si se conocen los valores de los parámetros que caracterizan un desecho líquido es posible diseñar los sistemas adecuados para su disposición en un ingenio azucarero.

Para llevar a cabo la comprobación de tal hipótesis, primero se determinaron los distintos efluentes que recorren un ingenio azucarero y luego los puntos de muestreo en cada efluente. También se tomaron en cuenta los afluentes del ingenio en el muestreo para eliminar la posibilidad que el agua que entra al proceso del ingenio, ya sea de río o de pozo, tenga ya una alta demanda de oxígeno, turbidez o un bajo nivel de oxígeno disuelto. Se tomaron muestras periódicamente y se caracterizan conforme su contenido de DQO, DBO₅, demanda de oxígeno, turbidez, pH y temperatura. Conforme esta caracterización, se agruparon los efluentes más similares y se determinó, para cada grupo, las mejores formas de disposición (incluyendo recirculación) concluyendo con un diseño preliminar de ellas.

1. ANTECEDENTES

La industria azucarera es la segunda mayor fuente de ingreso para la economía guatemalteca, después del café. La producción de azúcar en un ingenio es un proceso que utiliza cantidades relativamente grandes de agua. Normalmente son necesarios entre 80 y 100 galones por tonelada de caña procesada dependiendo de su disponibilidad y del proceso utilizado. Por esa razón, los ingenios azucareros se encuentran normalmente localizados cerca de un río, aunque siempre se hacen esfuerzos por obtener agua adicional de pozo, por ser ésta más limpia, naturalmente. La caña misma aporta aproximadamente 200 galones por cada tonelada procesada. De ésta, una parte constituye el jugo de caña (guarapo), que al evaporarse y luego condensarse, se incorpora al circuito de agua; la otra parte queda atrapada como humedad en el bagazo de la caña.

El agua de río se utiliza dentro del balance general de agua para reponer la salida del efluente final, ya que una buena parte del agua que ingresa al proceso se mantiene en recirculación constante. Otra parte se devuelve a la atmósfera, como subproducto de la combustión del bagazo y como pérdida por evaporación, contribuyen así a la formación de nubes que eventualmente se convierten en lluvia.

1.1 Agua en el proceso

Durante el proceso se utiliza agua, que se obtiene de distintos puntos del ingenio, para los siguientes usos:

- a) Para la generación de vapor en las calderas; el vapor cede su calor a procesos que requieren altas temperaturas, por lo que se condensa (se vuelve agua caliente) y se recolecta y vuelve a la caldera en un circuito cerrado.

- b) En los intercambiadores de calor, para enfriar o condensar productos intermedios como en los tachos y evaporadores; aquí el agua gana calor por lo que se recircula a tanques de enfriamiento por aspersion; éste también es un circuito cerrado, excepto por las pérdidas a la atmósfera.
- c) En el lavado de la caña previo a la molienda; la caña debe de lavarse exteriormente antes de extraerse el jugo, para evitar que la tierra y materia orgánica que viene adherida a ella desde el campo sea acarreadas en el guarapo, a manera de disminuir el uso de agentes químicos para limpiar los jugos durante el proceso de fabricación de azúcar. Cuando se utiliza para este propósito, no se recircula.
- d) En la limpieza de equipos; se utiliza para lavar los conductores de caña y bagazo, y en otros equipos además del enfriamiento de molinos tampoco se recircula.
- e) En el lavado del bagazo y la cachaza: Se utiliza agua para lavar estos subproductos para intentar de disminuir el porcentaje de azúcar presente en ambos.

1.2 Efluentes:

- a) *Agua de lavado de caña:* Constituye la mayor porción del total de efluentes; contiene mayormente tierra, arena y en menor cantidad materia orgánica proveniente de los campos; no contiene materia orgánica proveniente de procesos intermedios (azúcares) en cantidades apreciables. Su curso normal es el desfogue general, pasando por parrillas para eliminar material flotante, luego sedimentación

en canales conductores y por último es bombeada a lagunas de sedimentación / oxidación / evaporación.

- b) *Agua de lavado de equipos y conductores:* El excedente de condensados se utiliza para lavar equipos de proceso, algunos de los cuales tienen contacto directo con los productos intermedios. Acarrean partículas de varios tamaños, y cantidades moderadas de materia orgánica e inorgánica, aceites y grasas. Antes de agregarse al desfogue general debe de pasar por trampas de aceites.
- c) *Agua con cenizas de calderas:* Las cenizas que se producen durante la combustión del bagazo son extraídas y arrastradas con agua. Contiene partículas pequeñas de material orgánico e inorgánico. Estas pueden removerse mediante filtros rotatorios de malla fina antes de enviarse el agua al desfogue general.
- d) *Agua de enfriamiento de molinos:* La fricción entre las masas de los molinos genera calor que debe de ser removido para asegurar su buen funcionamiento. El agua de enfriamiento recupera ese calor y luego se une al desfogue general.

Entre los efluentes sólidos del ingenio, se encuentran:

- a) *Cachaza:* En ésta se da salida del proceso a toda la tierra y ceras que se arrastran en el jugo. Previo a desecharla es lavada, estos lavados se devuelven al proceso. El lavado eficiente de la cachaza tiene como objetivo reducir la pérdida de azúcar, lo que evita un excesivo consumo de agua. Generalmente la cantidad de cachaza aumenta a medida que la zafra avanza, pero varía entre 60 a 140 lbs por tonelada de caña, con una humedad del 65 al 80 %.

Hoy en día una industria ya no puede ignorar los daños que la contaminación, ya sea local o global, causa a los recursos naturales que ésta utiliza en sus procesos. En el caso de un ingenio azucarero, el agua es un recurso indispensable cuyo uso hay que

optimizar más, no sólo por la poca disponibilidad de ella, sino por la problemática que le representa al ingenio sus efluentes. Esta problemática abarca desde conciencia social hasta desembolsos monetarios instituidos por CONAMA o el Ministerio de Salud Pública en forma de multas o paros a la planta.

Para realizar un estudio y plantear soluciones para su correcta disposición es necesario caracterizar estos efluentes.

2. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

El diagrama No. 1 muestra los lugares de la planta en que se recolectaron muestras. Se hizo un muestreo en todos los puntos dos veces por semana, para confirmar un patrón de comportamiento.

Los análisis efectuados en todos los puntos fueron: DBO₅, DQO, temperatura, pH, oxígeno disuelto y turbiedad. Los resultados obtenidos se presentan en las tablas 1 a la 6 del apéndice, y en las gráficas de la 1 a la 48. Este tipo de resultados se interpretan observando los rangos, no el comportamiento de las muestras a través del tiempo. Todos los métodos de análisis utilizados corresponden a los aprobados por SMEWW (Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater).

Es de notar que al realizar estudios de esta naturaleza, se analiza básicamente la tendencia de los resultados (ver gráfica 1 a 6), ya que los valores específicos dependen de variaciones en el proceso y además el método de análisis es susceptible de cierto margen de error, lo que depende de factores tales como el muestreo, traslado de las muestras, etc., por lo que se acostumbra interpretar los resultados considerando rangos de valores. Por ejemplo, en el caso específico del ingenio bajo estudio, los resultados obtenidos para el desfogue de lavado de camiones, indican que la DQO, en época de zafra, se encuentra entre 600 y 10,000 mg/l., mostrando variaciones que dependen de la cantidad de agua, y la cantidad de tierra removida; no así en el caso del DBO₅, ya que la materia orgánica es más estable, permaneciendo en un rango de 175 a 1300mg/l.

Los diagramas 2 al 7 muestran, en forma global, los resultados más importantes en los efluentes principales de la planta.

Como puede observarse en las gráficas 1 a la 6, en los puntos elegidos para confirmar un patrón de comportamiento, las tendencias se mantienen estables, esto indica que estos son valores confiables para ser utilizados como parámetros de diseño si se llegara la oportunidad de diseñar un sistema para tratamiento de aguas o de recirculación.

Como parte del informe, se revisaron los circuitos de utilización de agua, con el objetivo de ofrecer recomendaciones preliminares para la disposición de los efluentes, las cuales se discuten en la sección de recomendaciones.

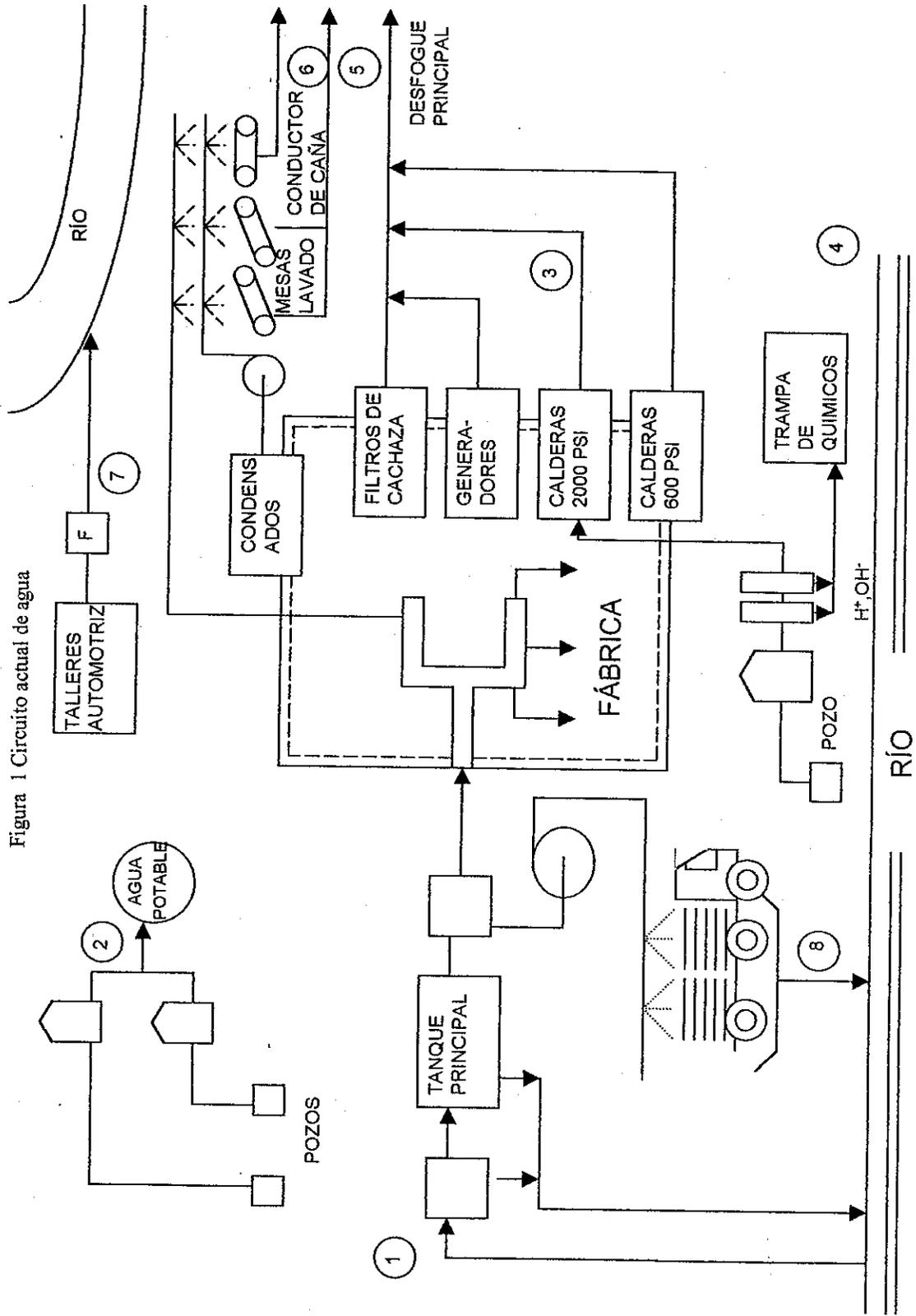


Figura 1 Circuito actual de agua

Figura 2 DBO promedio en cada punto (Mg/l)

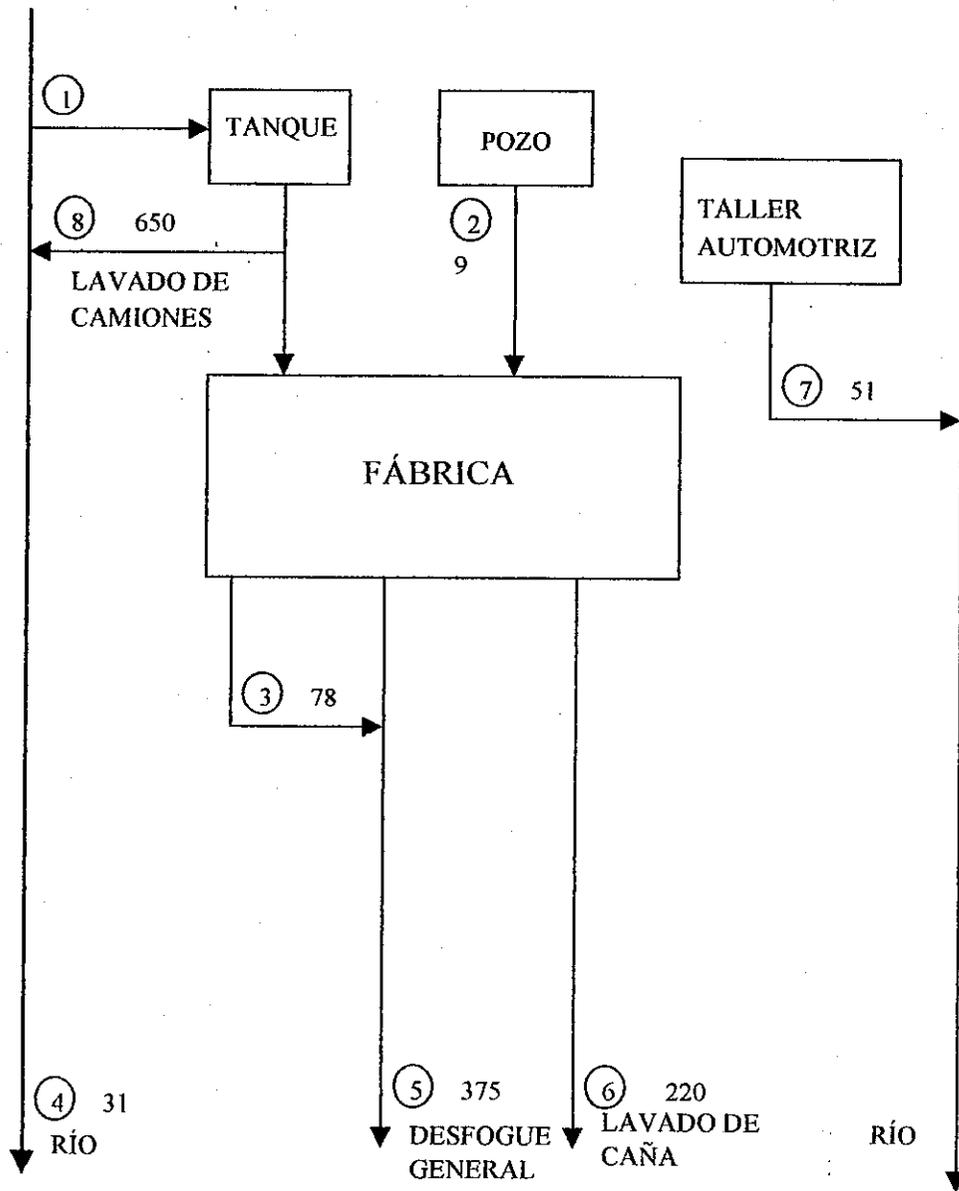


Figura 3 DQO promedio en cada punto (Mg/l)

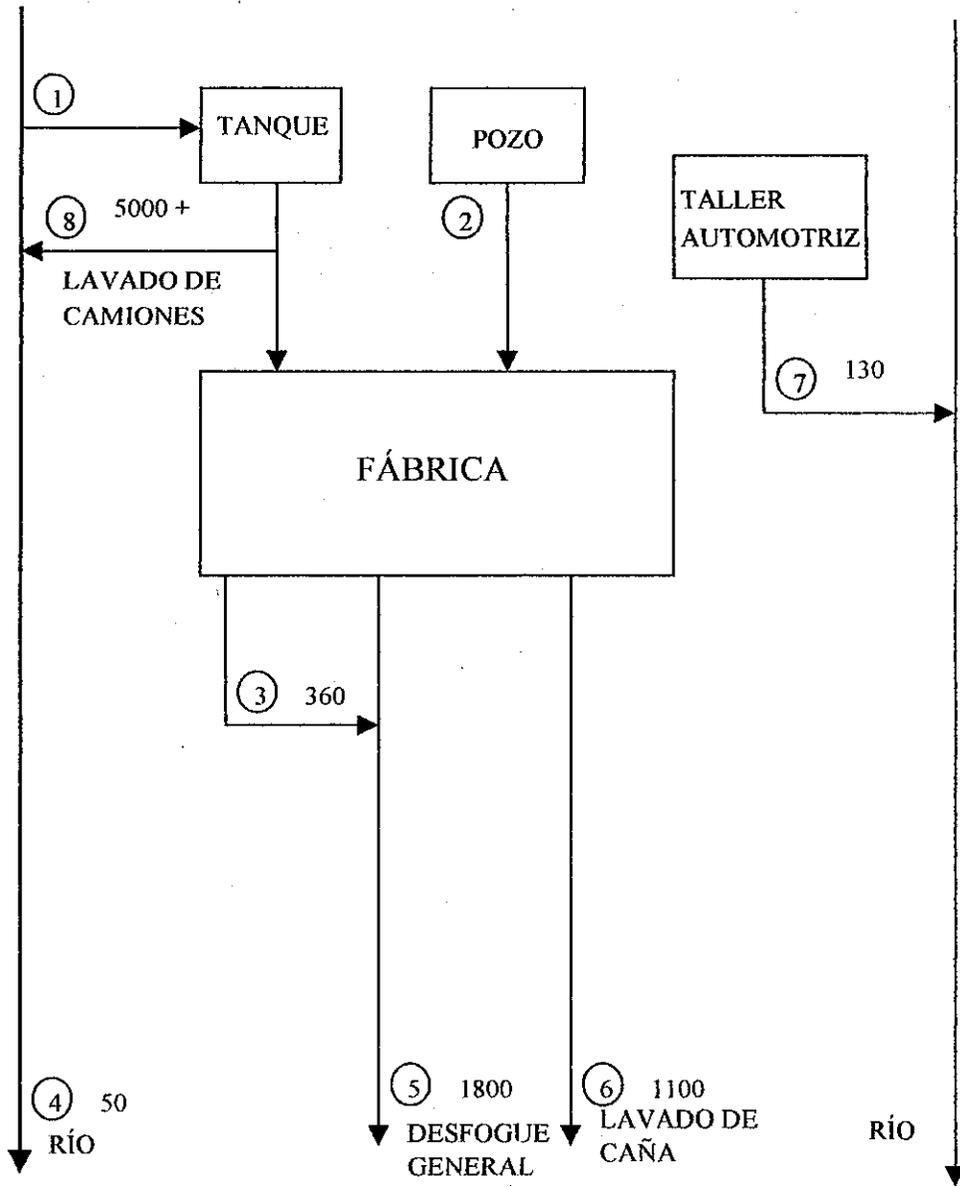


Figura 4 pH promedio en cada punto

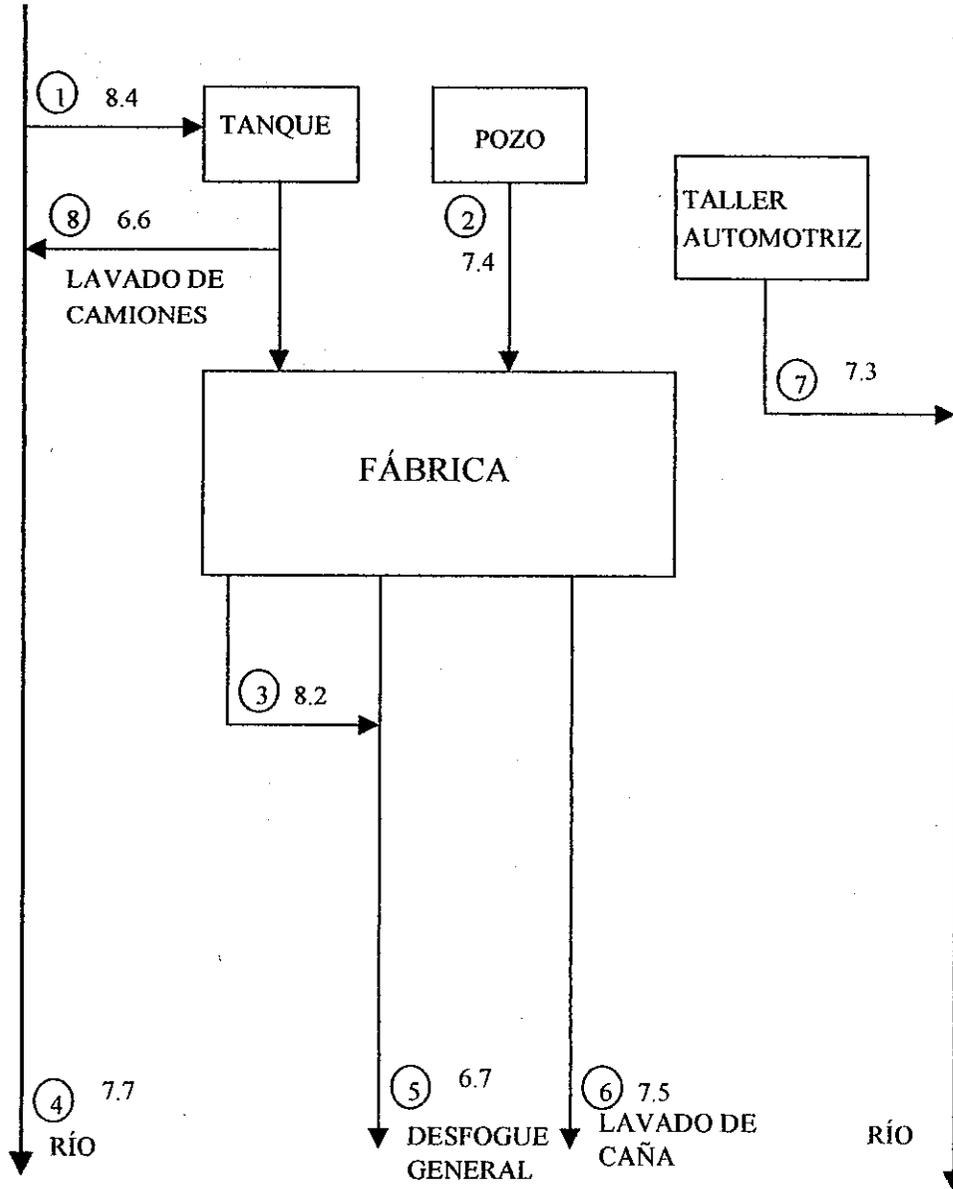


Figura 5 Temperatura promedio en cada punto (°C)

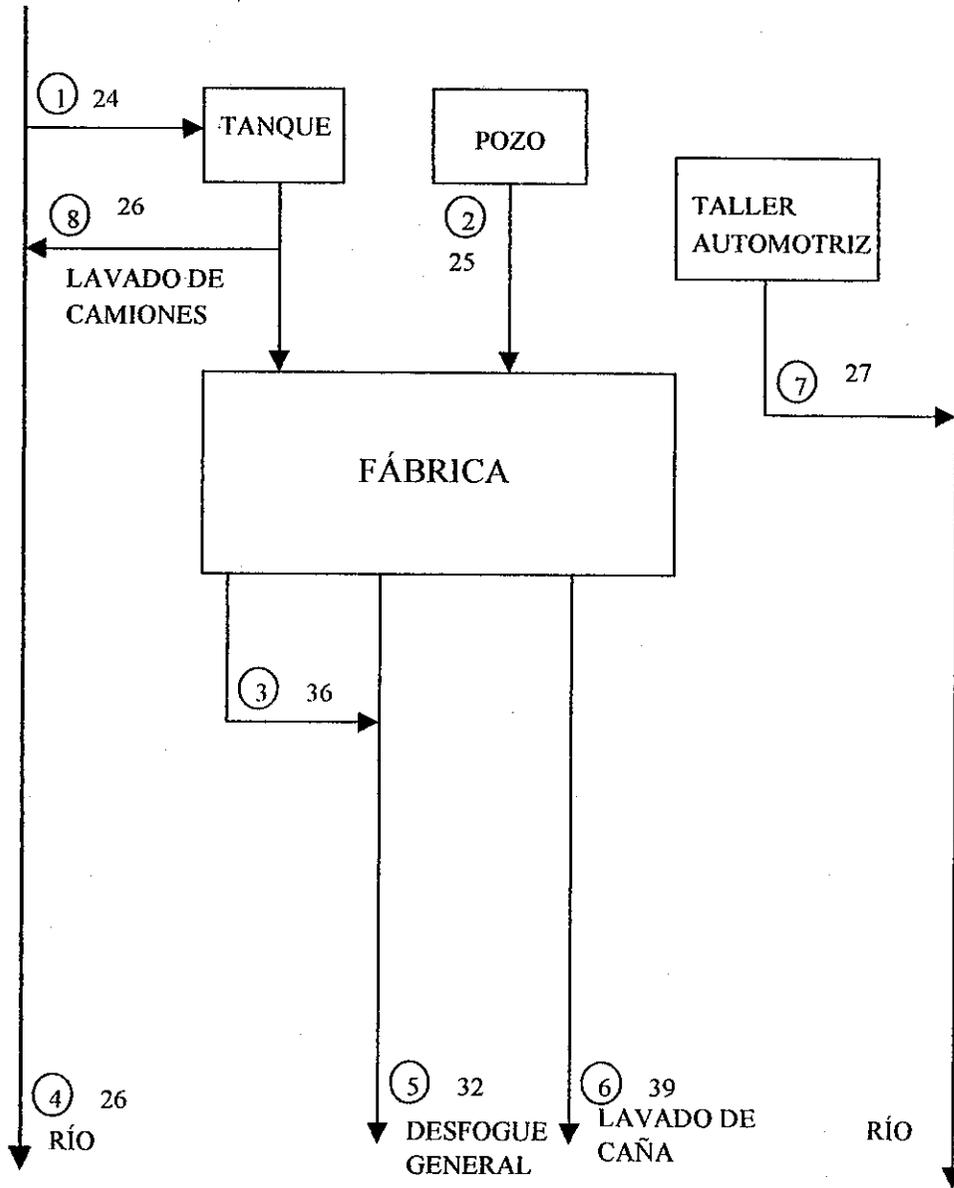


Figura 6 Oxígeno disuelto promedio en cada punto (Mg/l)

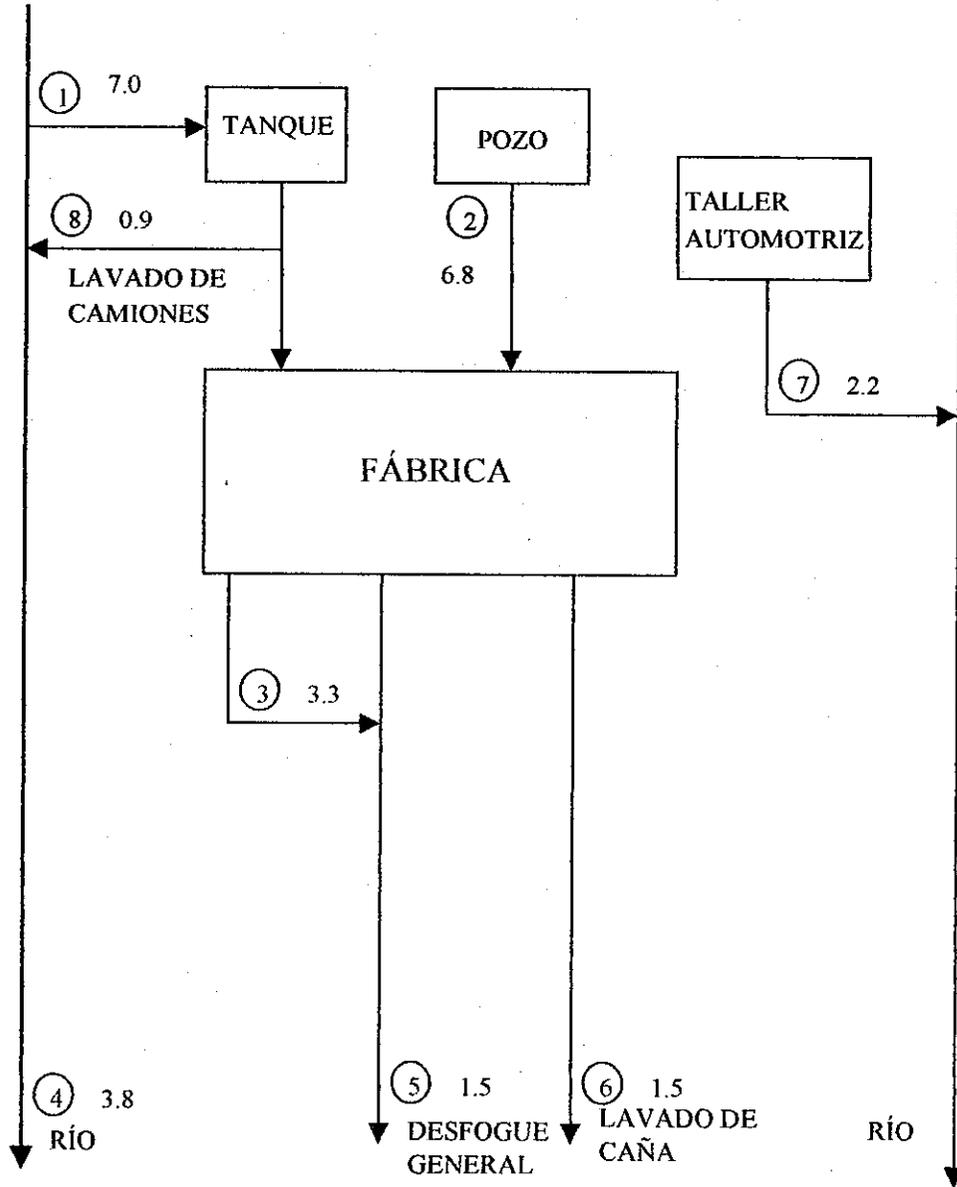


Figura 7 Turbidez promedio en cada punto (NTU)

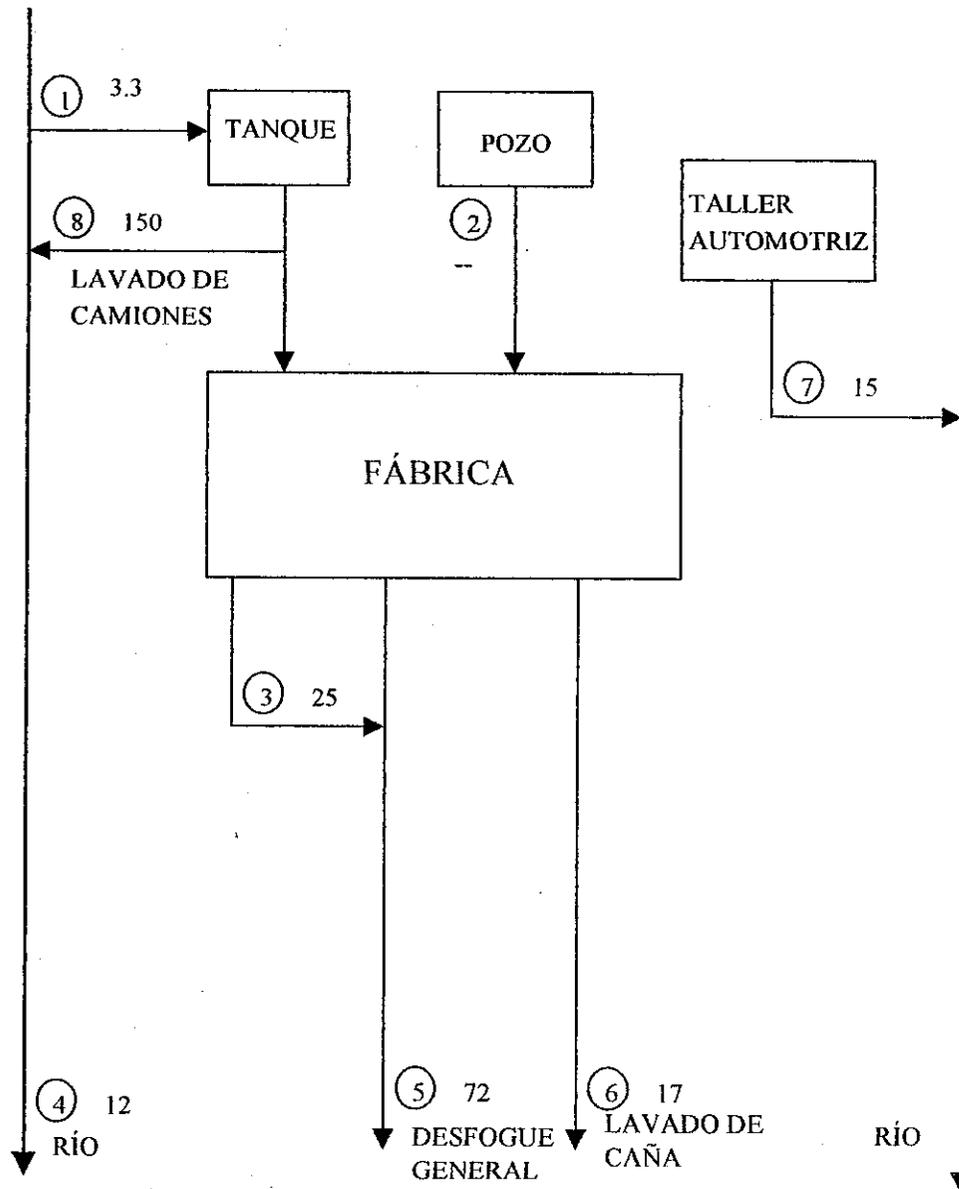


Figura 8 Rangos de DBO en puntos de muestreo

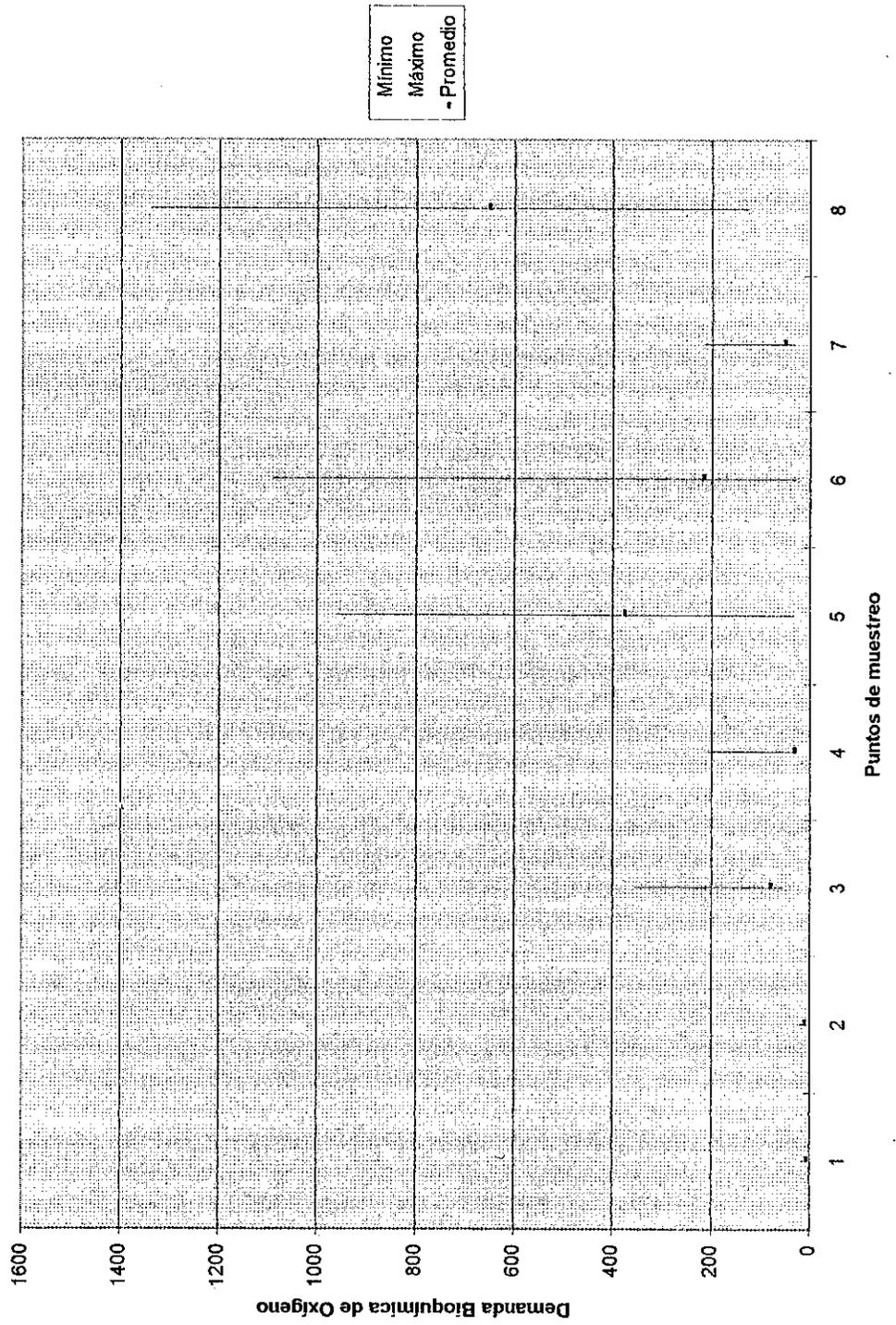


Figura 9 Rangos de DQO en puntos de muestreo

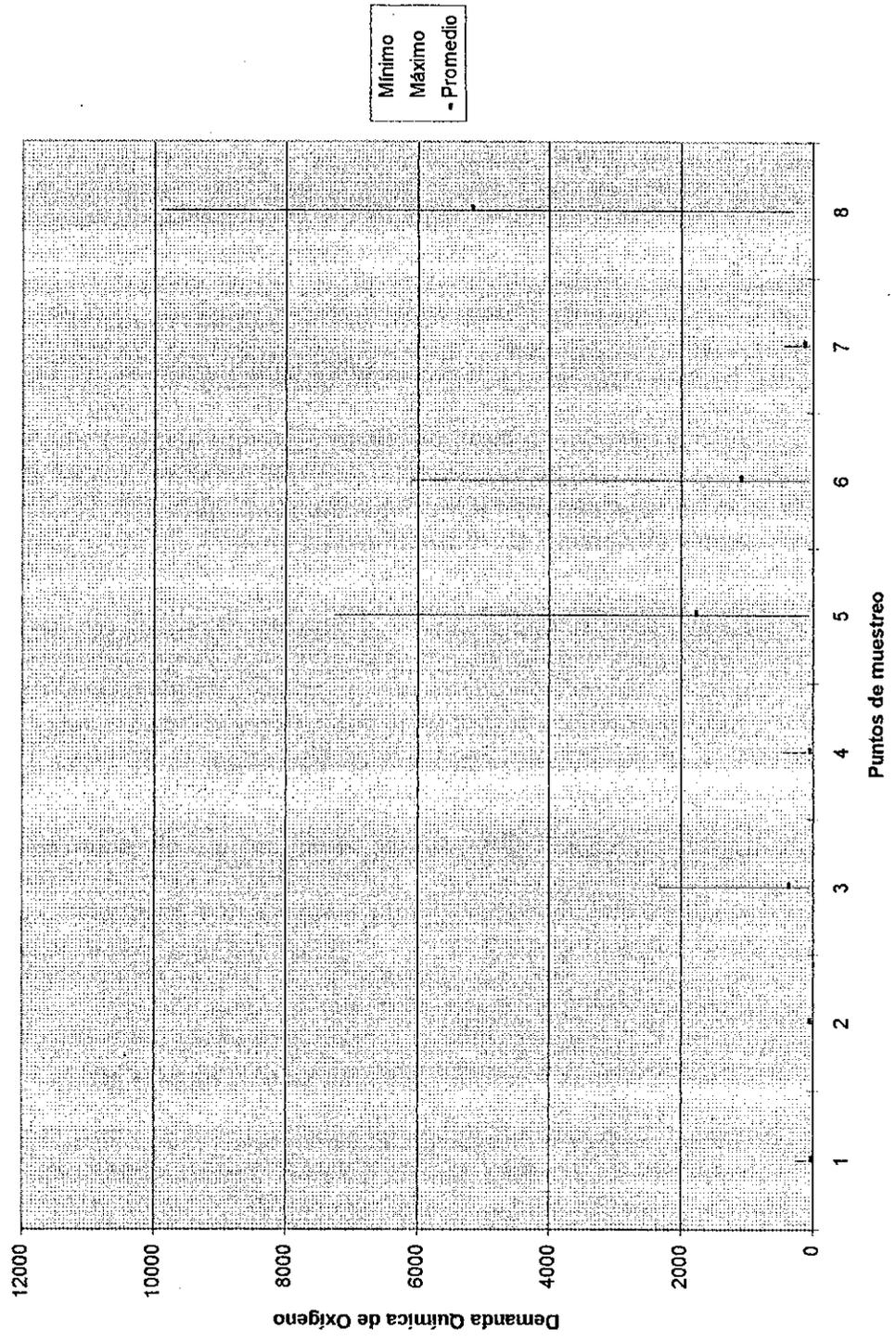


Figura 10 Rangos de temperatura en puntos de muestreo

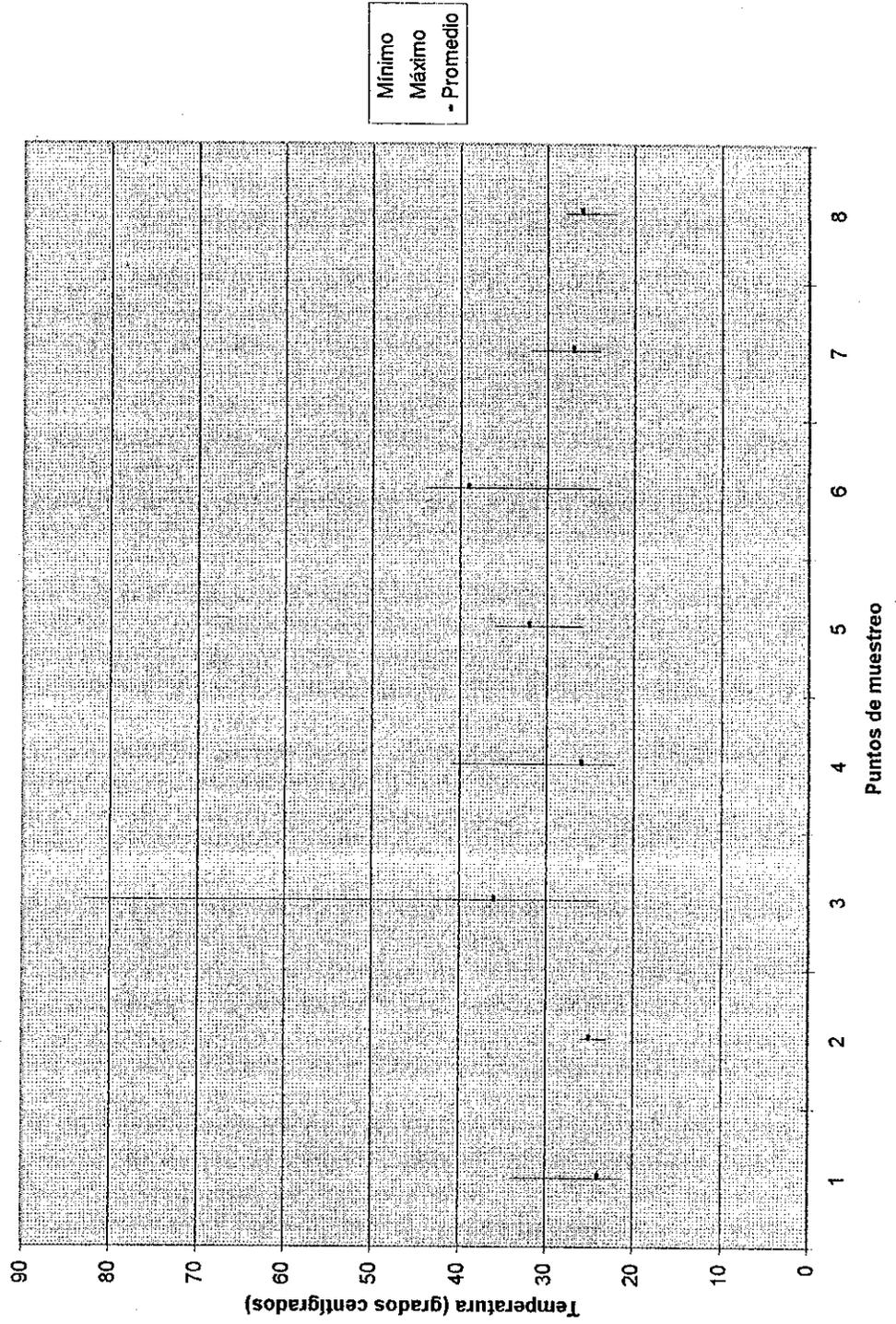


Figura 11 Rangos de pH en puntos de muestreo

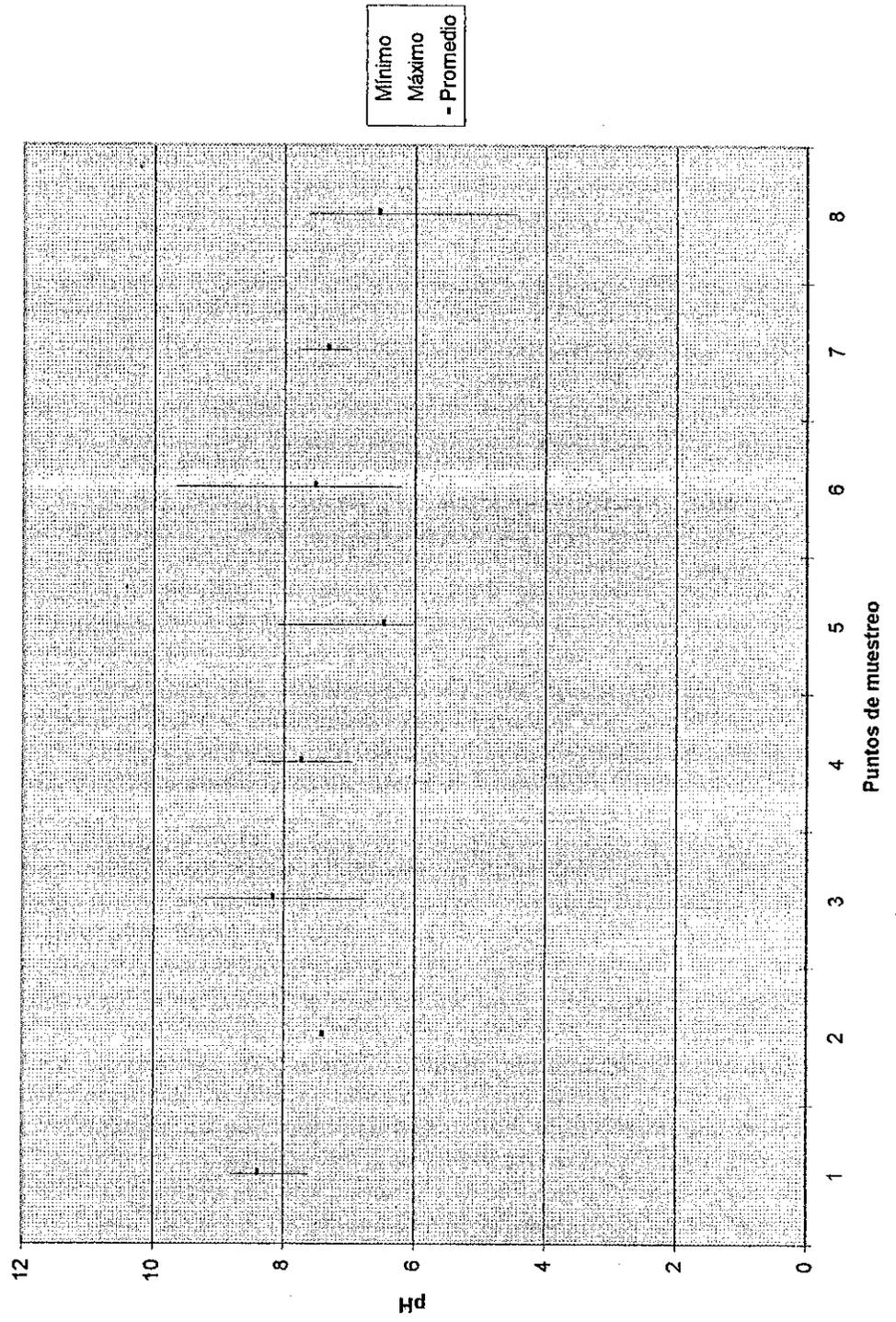


Figura 12 Rangos de oxígeno disuelto en puntos de muestreo

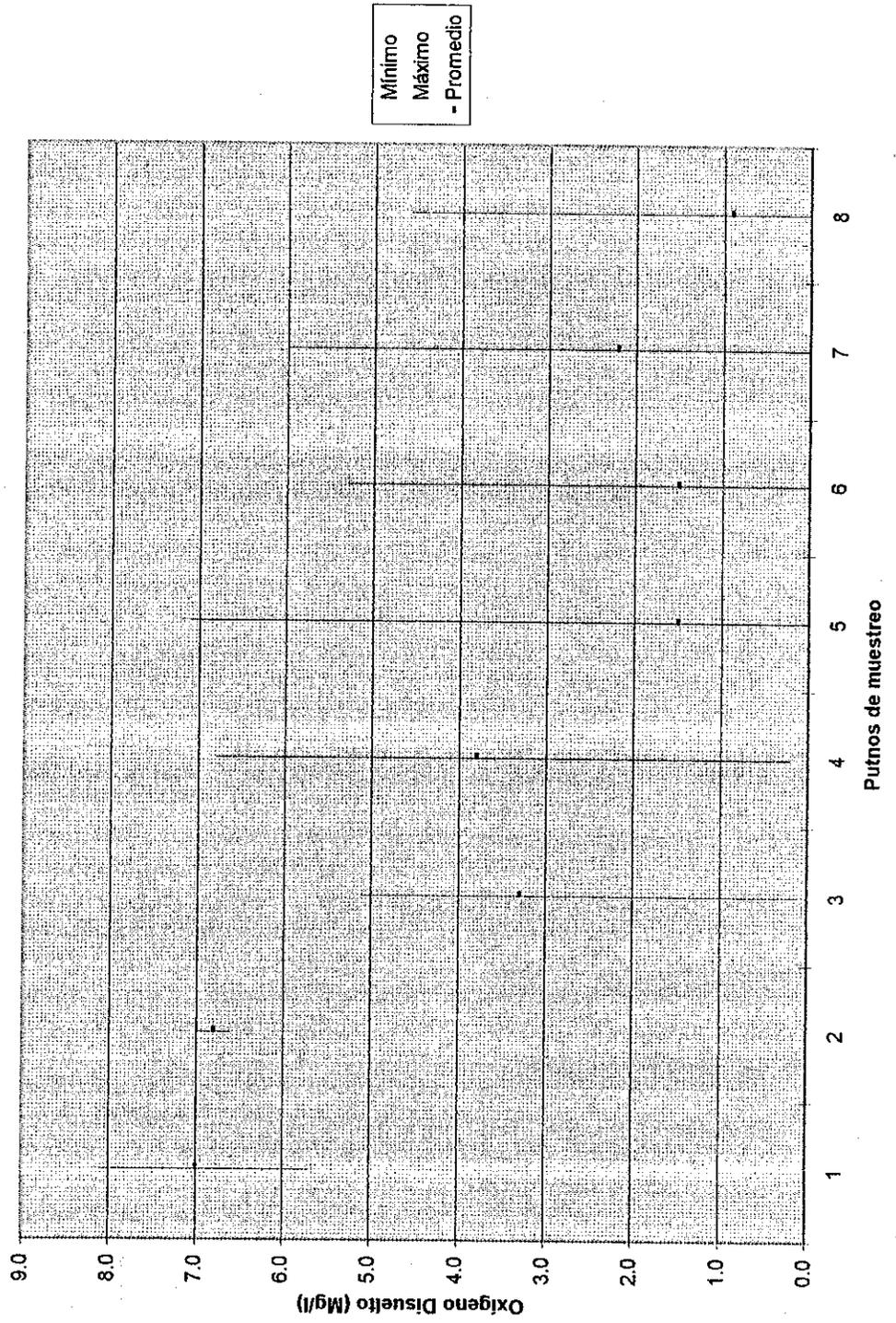


Figura 13 Rangos de turbidez en puntos de muestreo

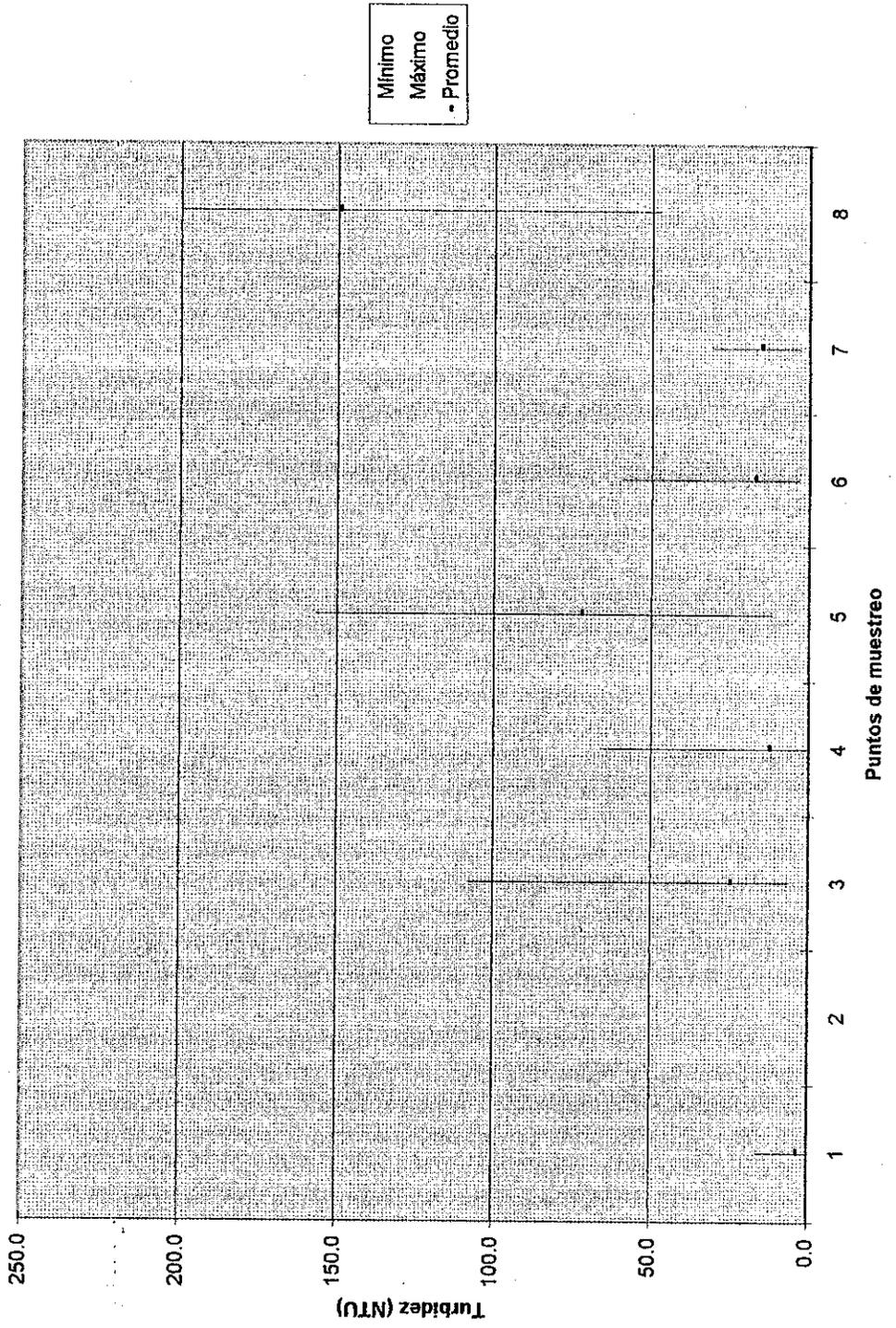


Figura 14 DBO en afluente P1

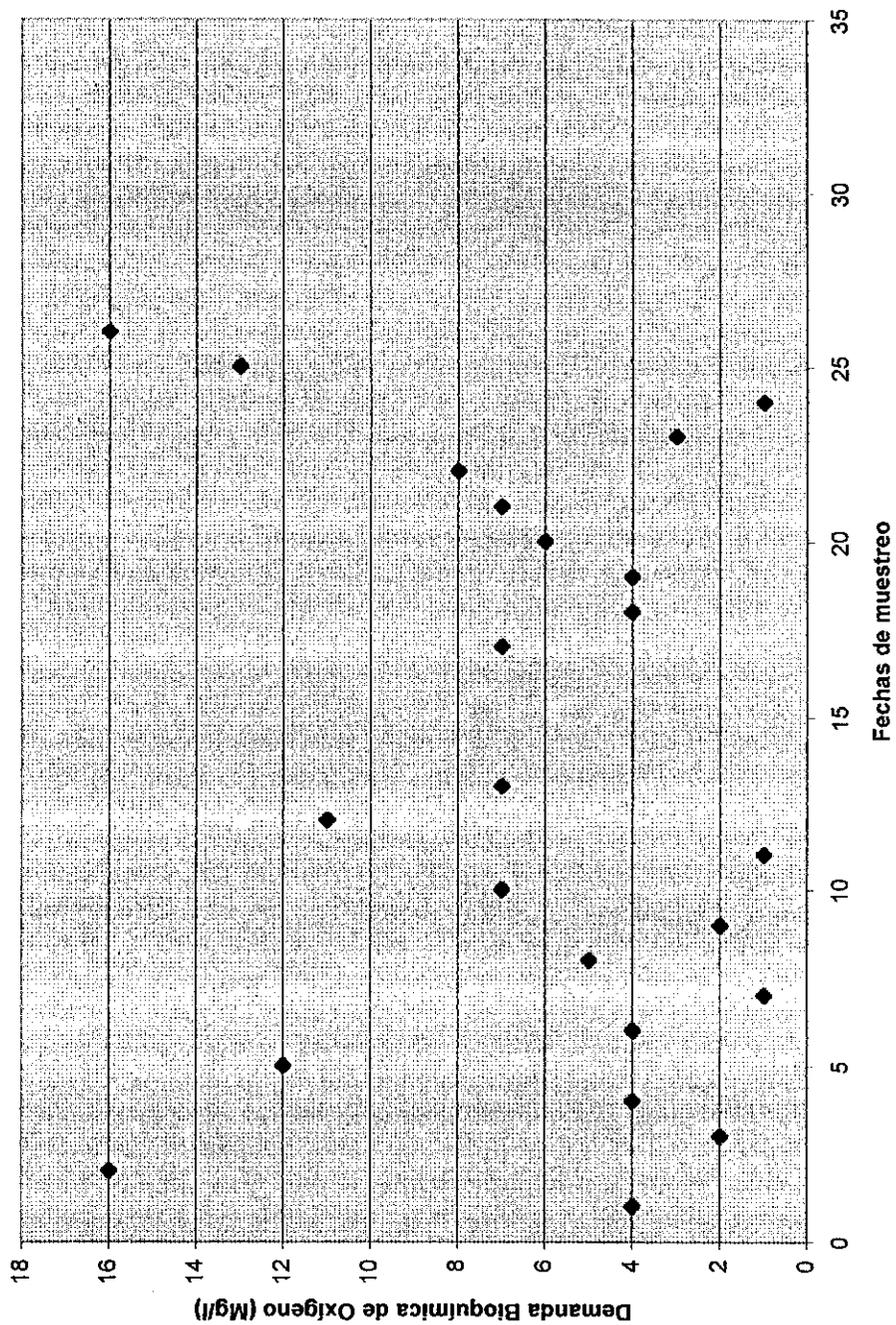


Figura 15 DBO en desfogue P3

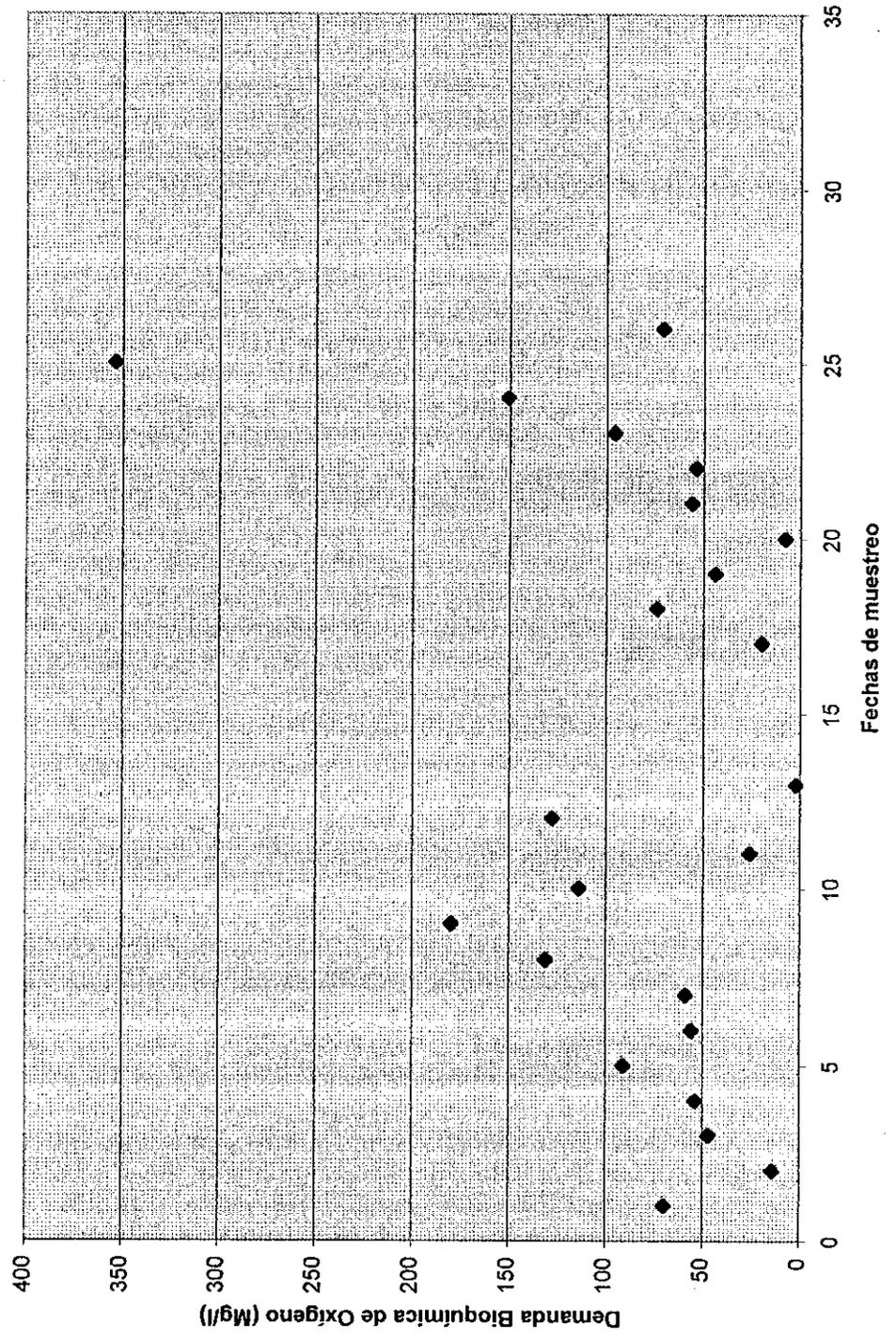


Figura 16 DBO en afluente P4

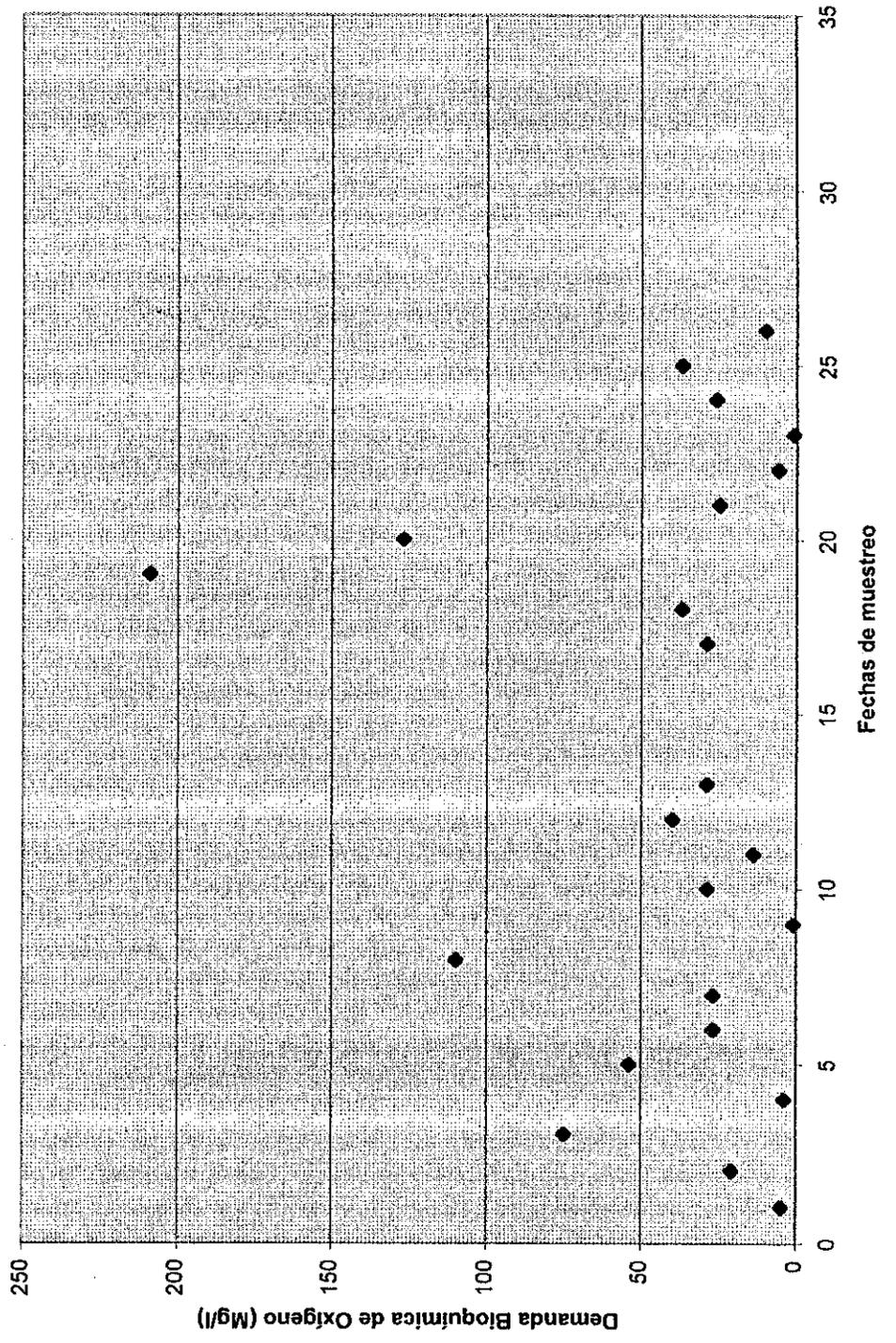


Figura 17 DBO en desfogue P5

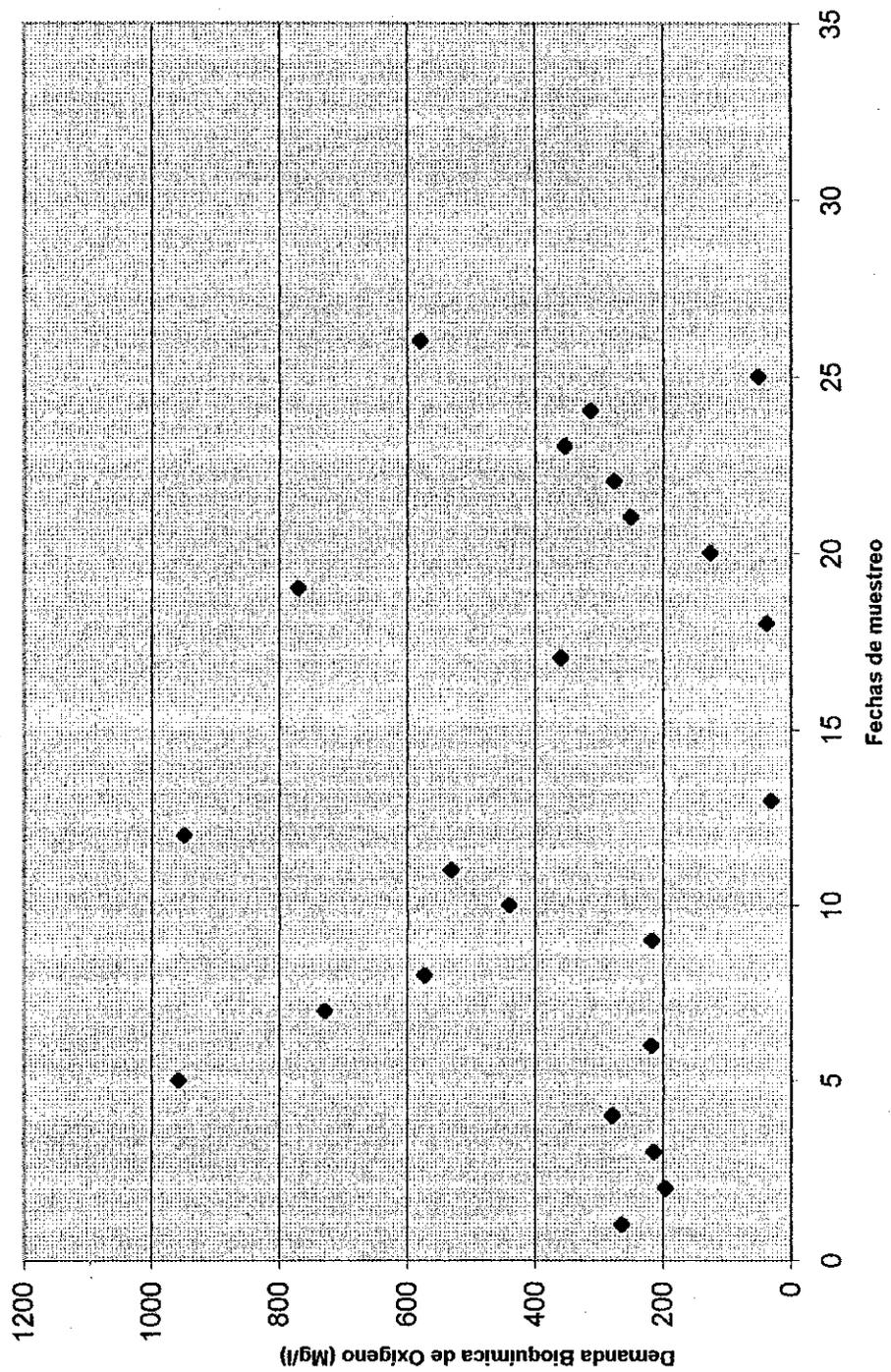


Figura 18 DBO en desfogue P6

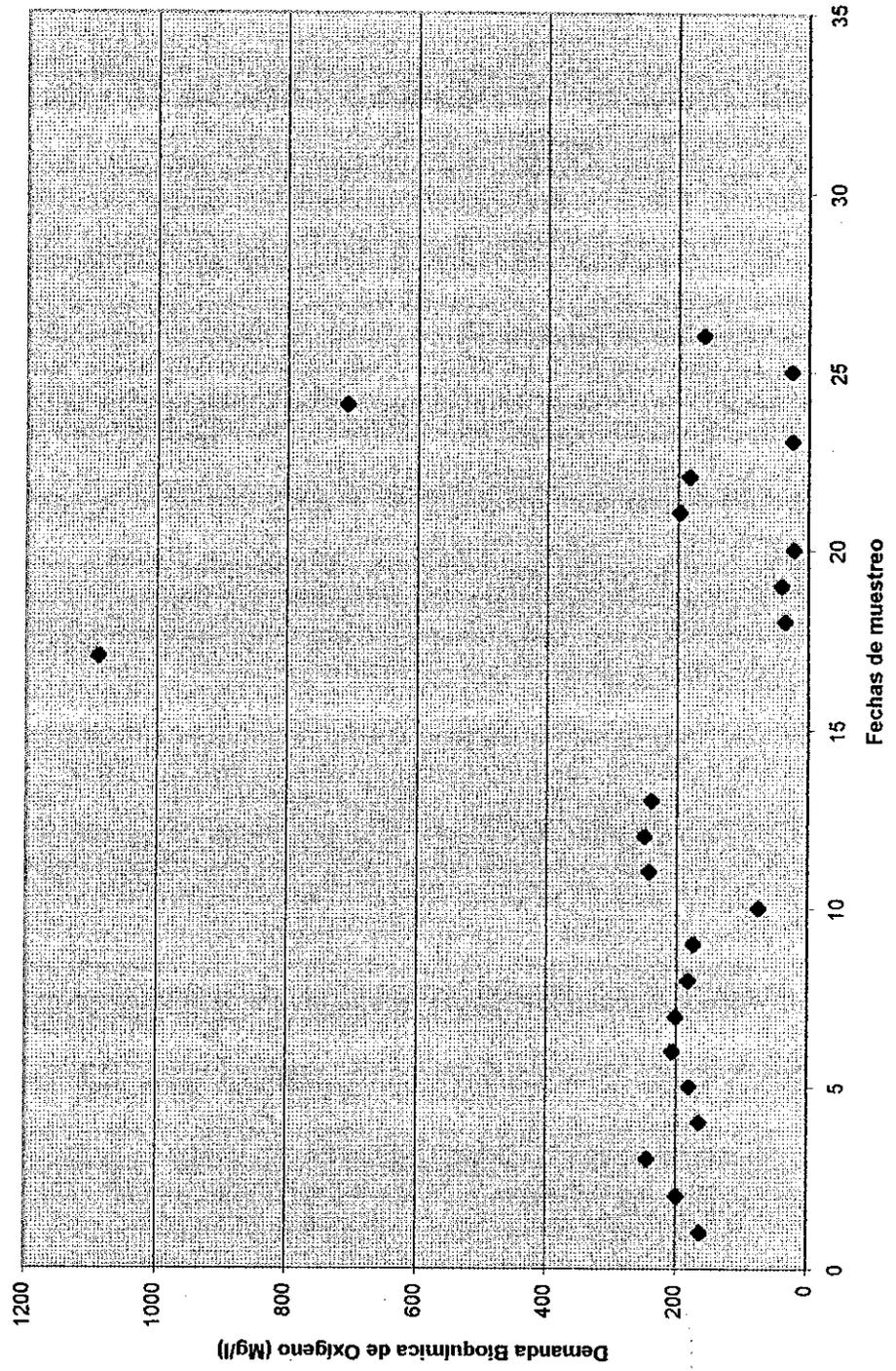


Figura 19 DBO en desfogue P7

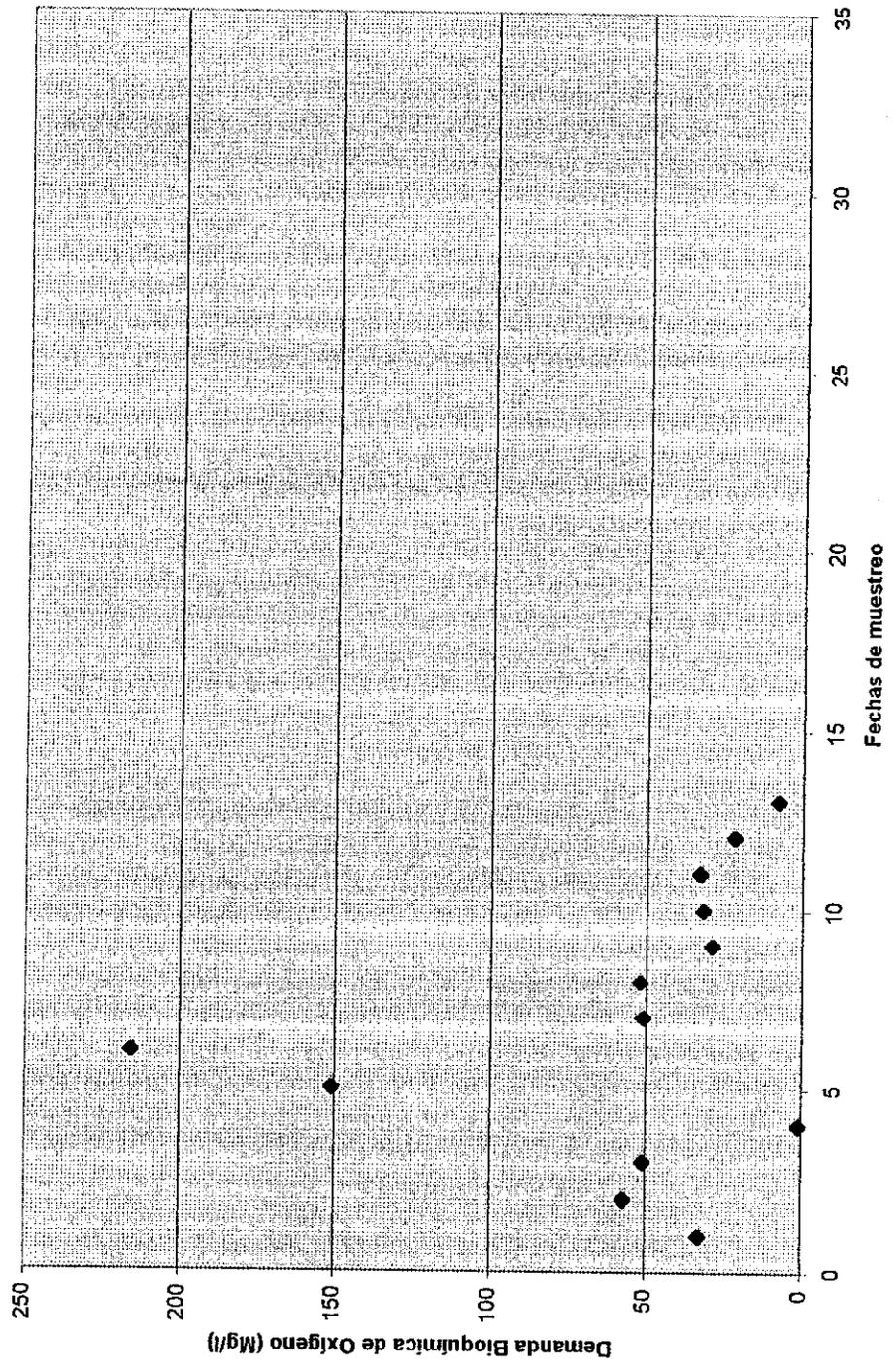


Figura 20 DBO en desfogue P8

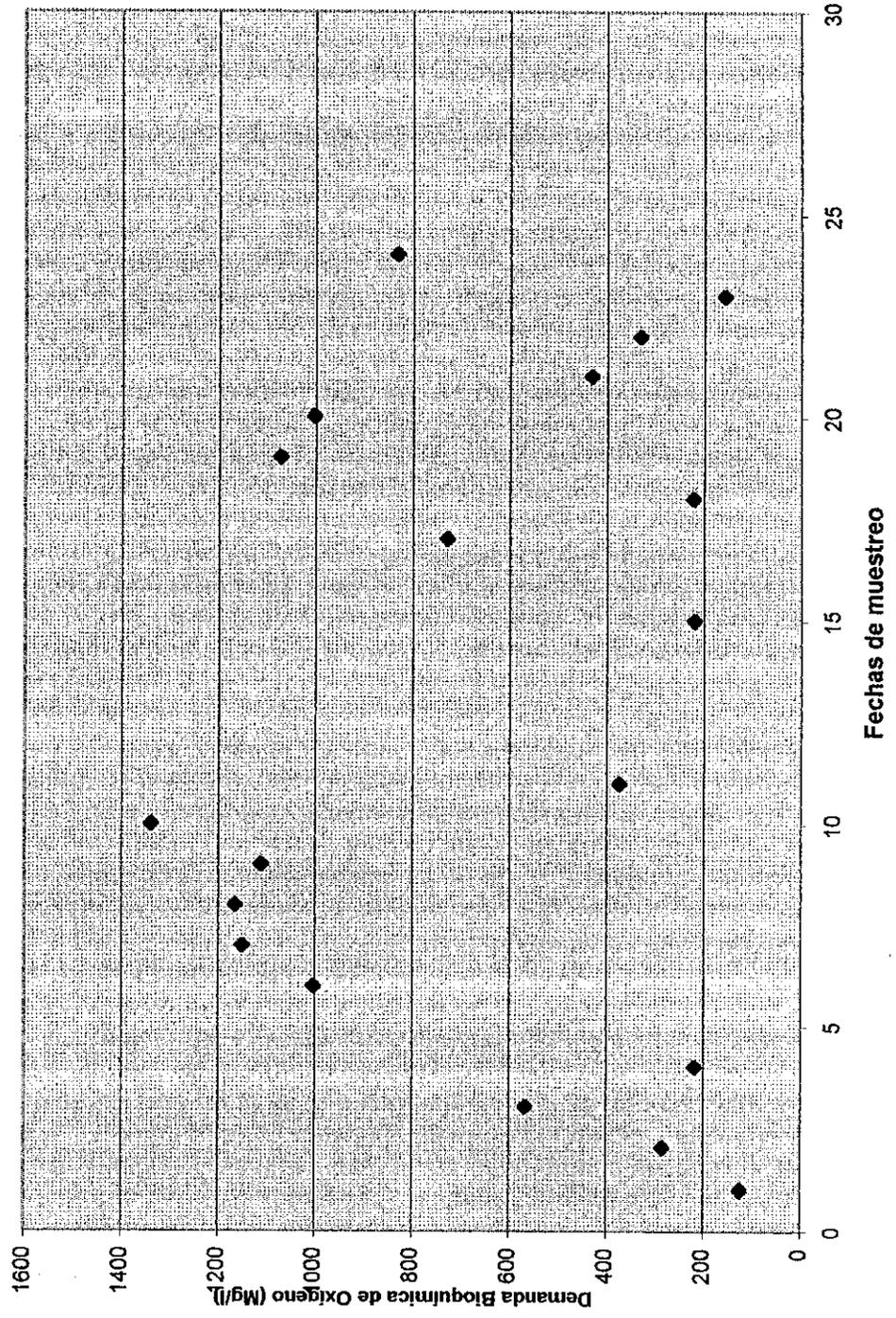


Figura 21 DQO en afluente P1

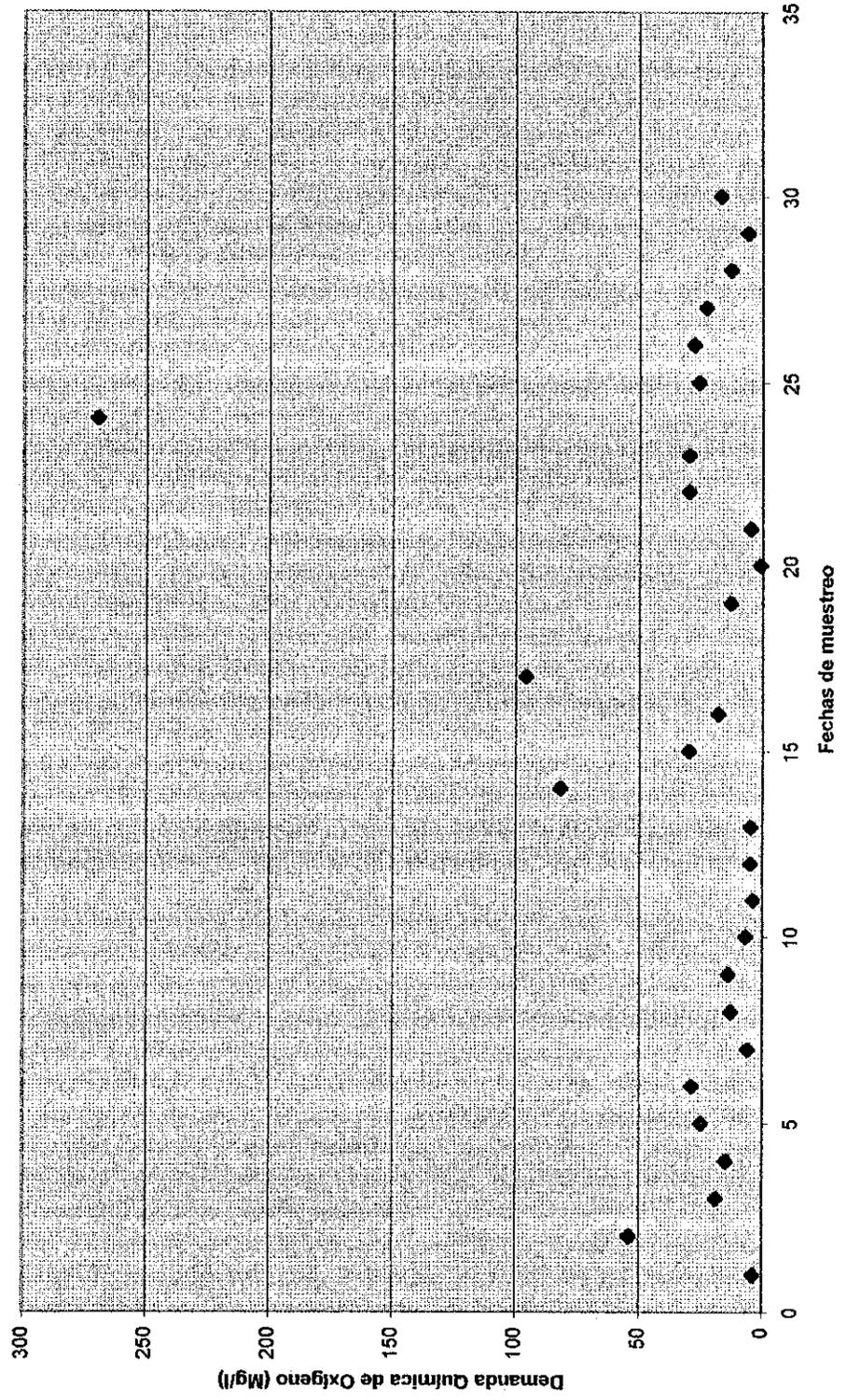


Figura 22 DQO en desfogue P3

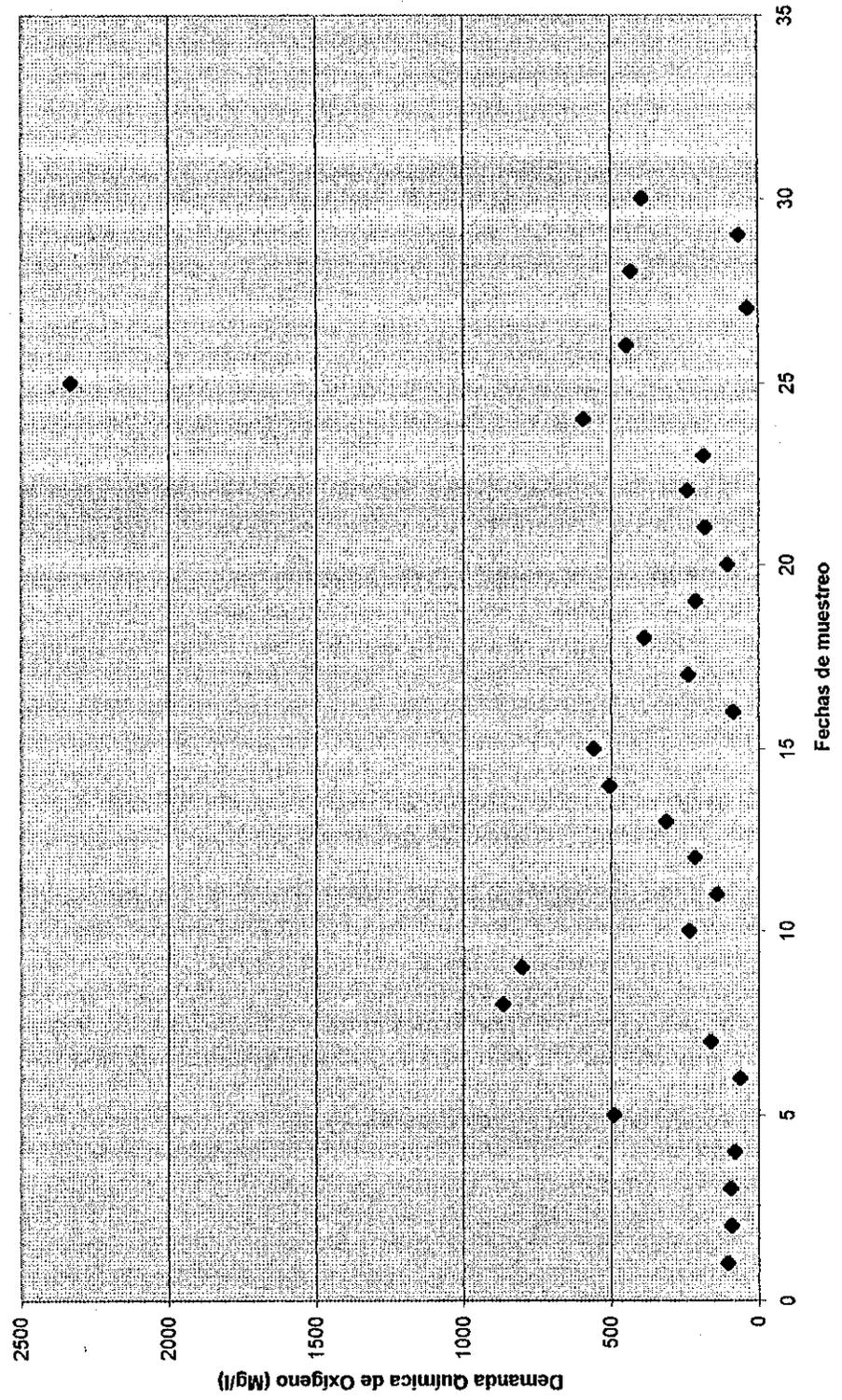


Figura 23 DQO en efluente P4

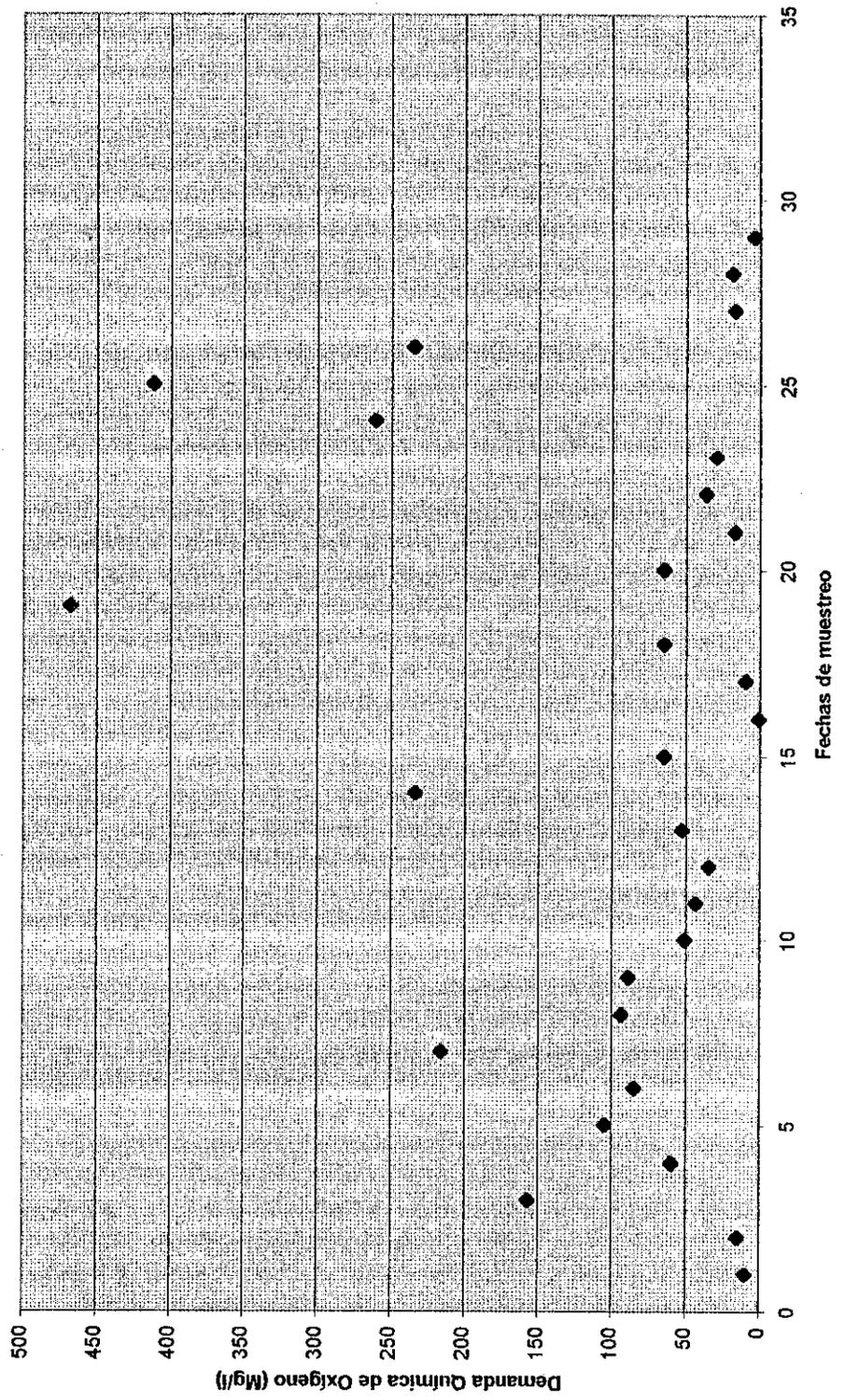


Figura 24 DQO en desfogue P5

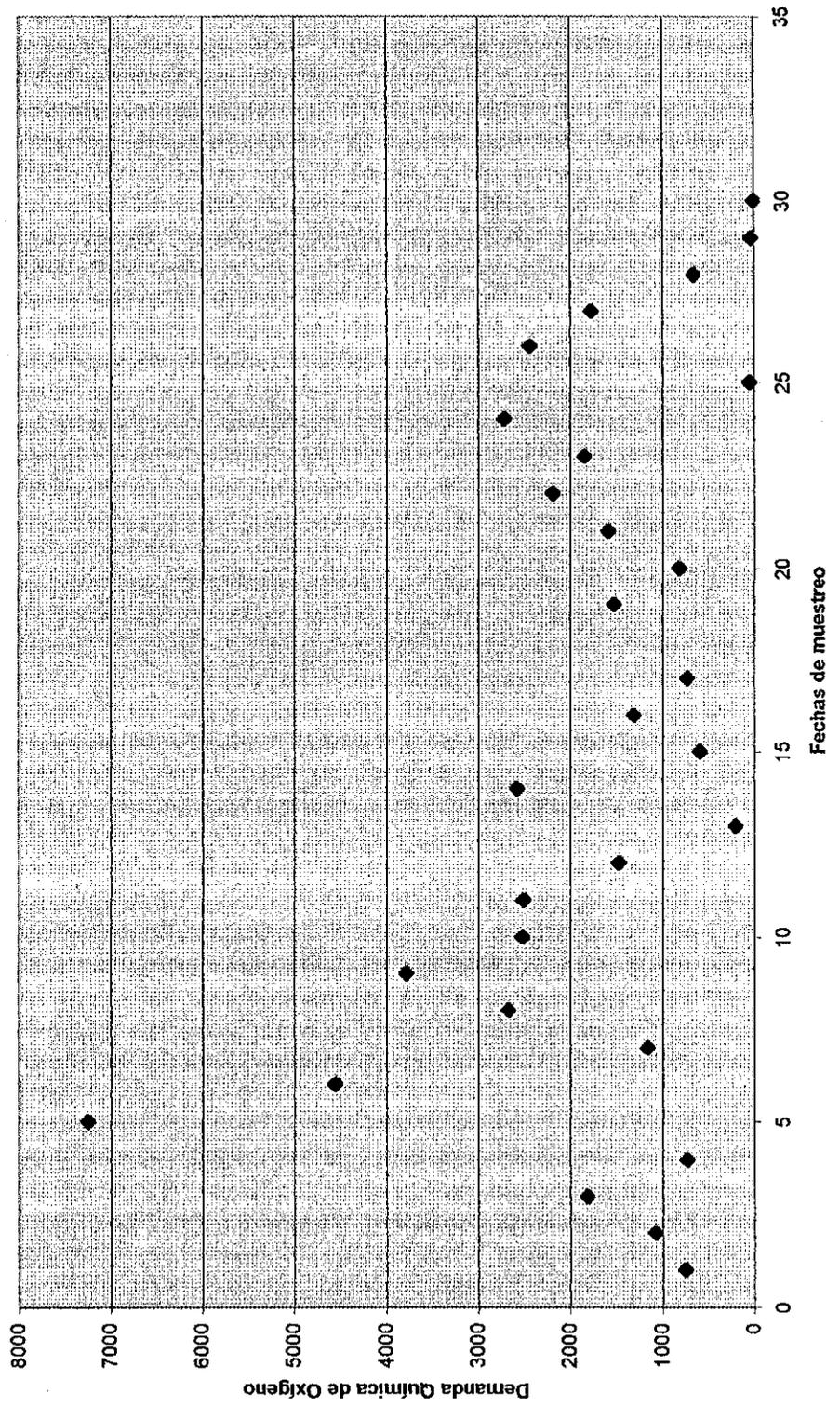


Figura 25 DQO en desfogue P6

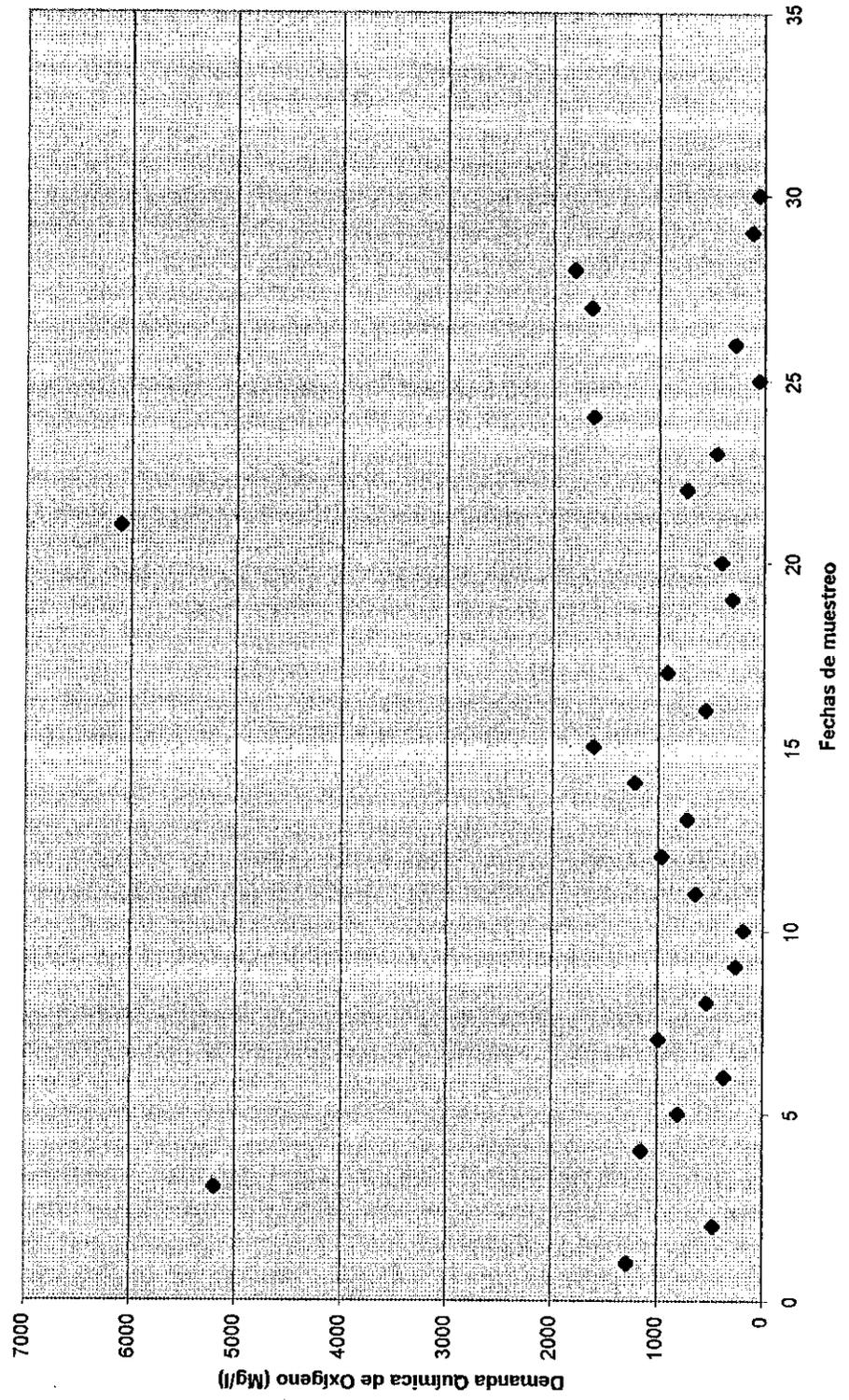


Figura 26 DQO en desfogue P7

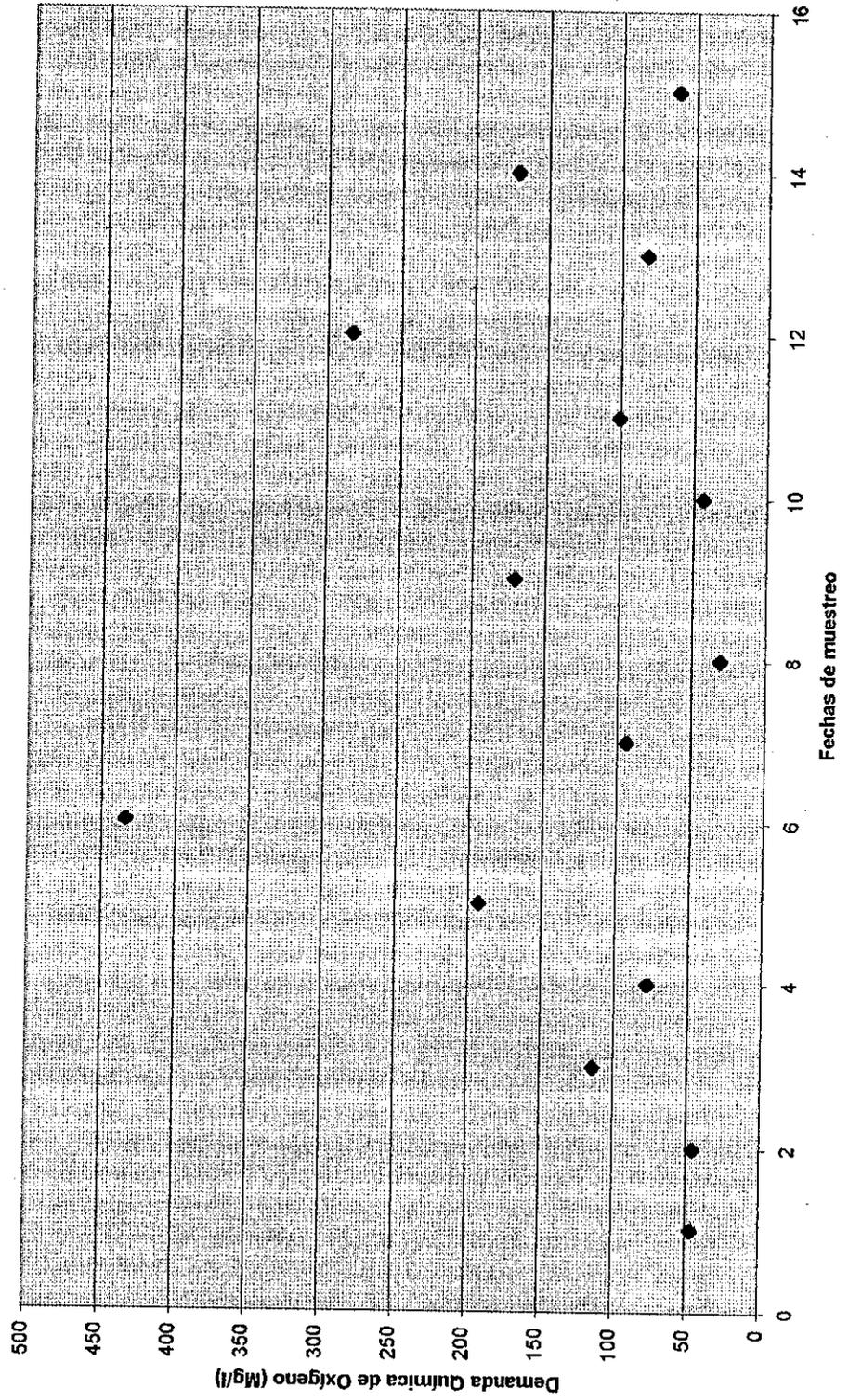


Figura 27 DQO en desfogue P8

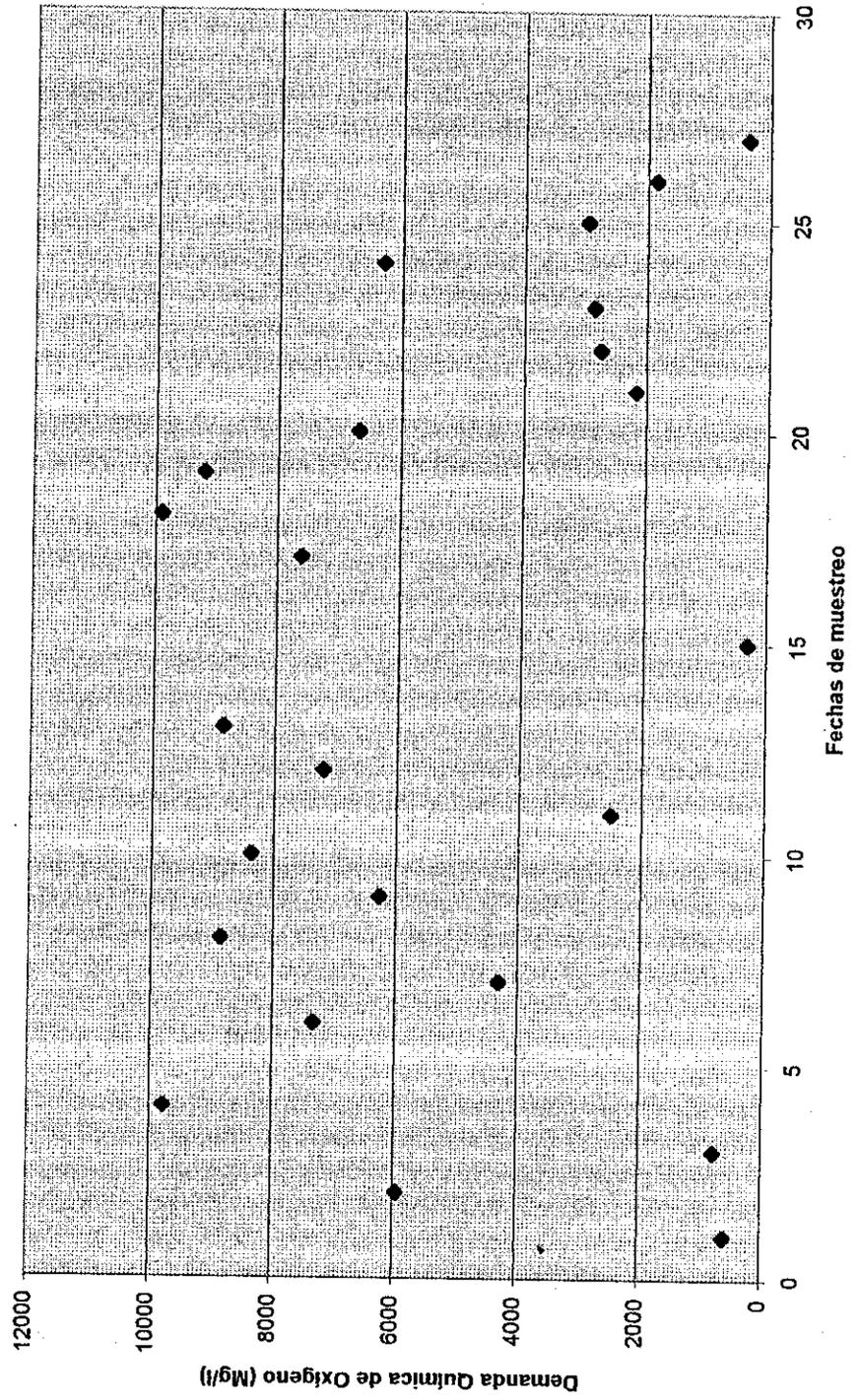


Figura 28 Temperatura en afluente P1

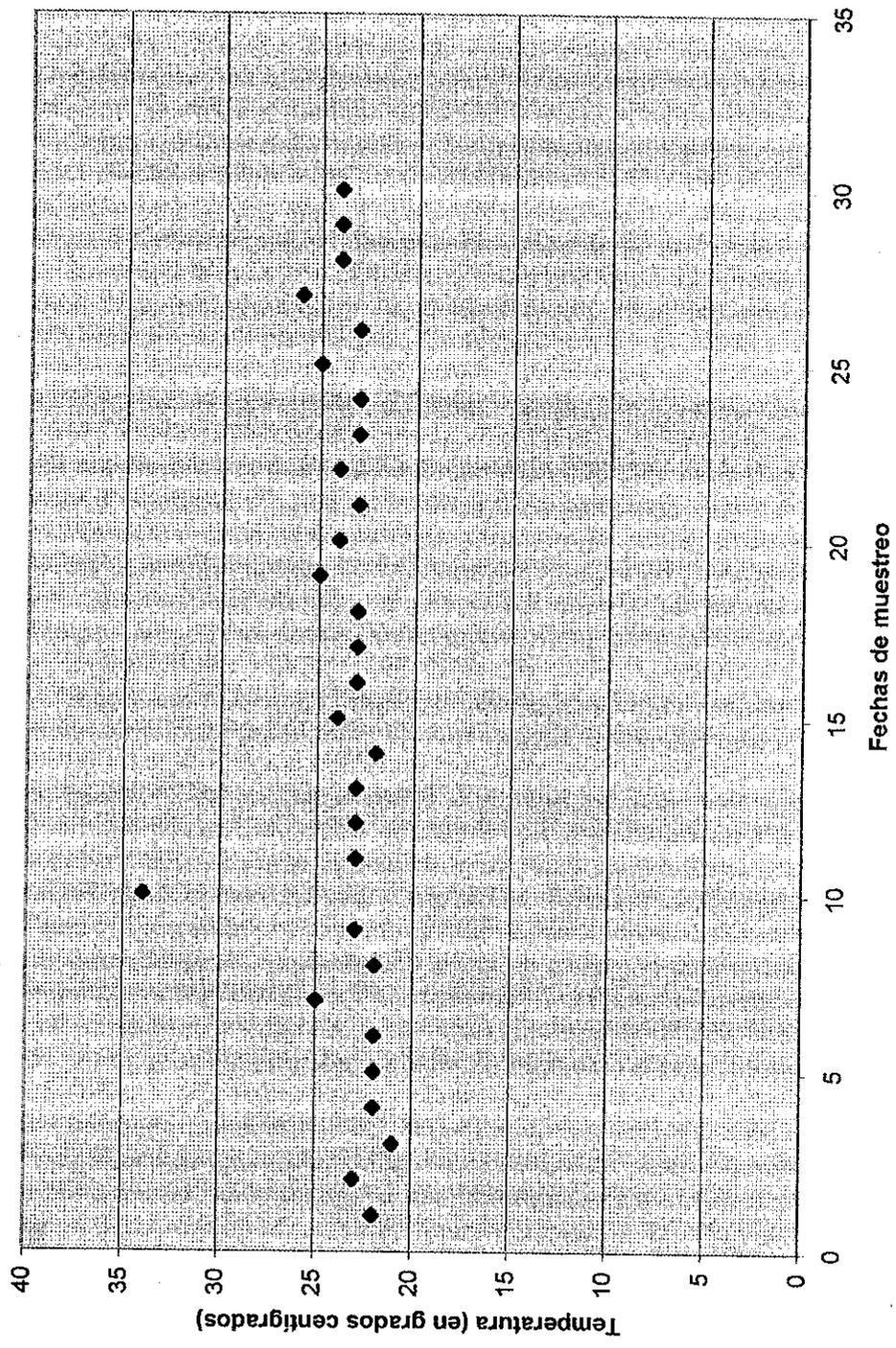


Figura 29 Temperatura en desfogue P3

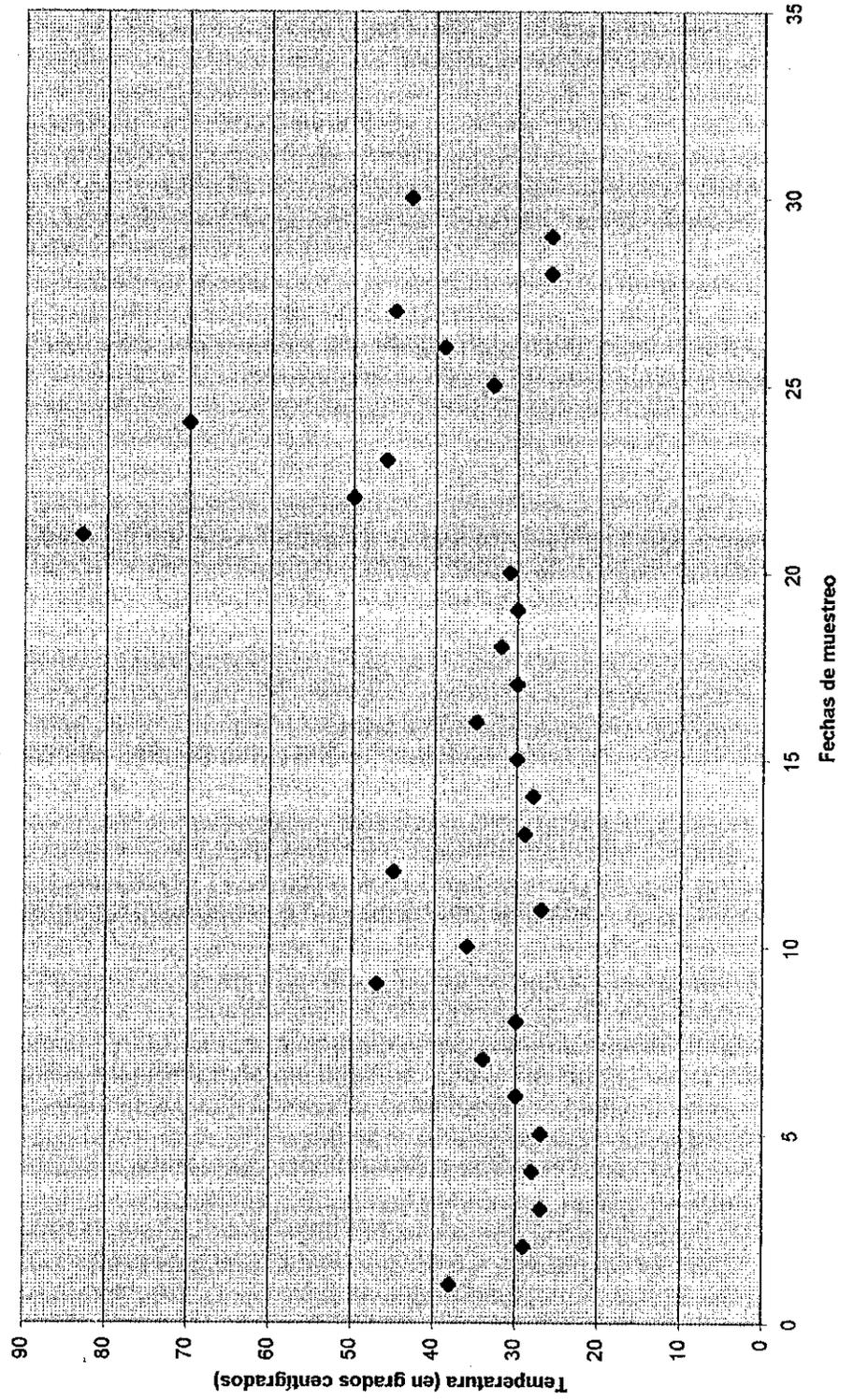


Figura 30 Temperatura en afluente P4

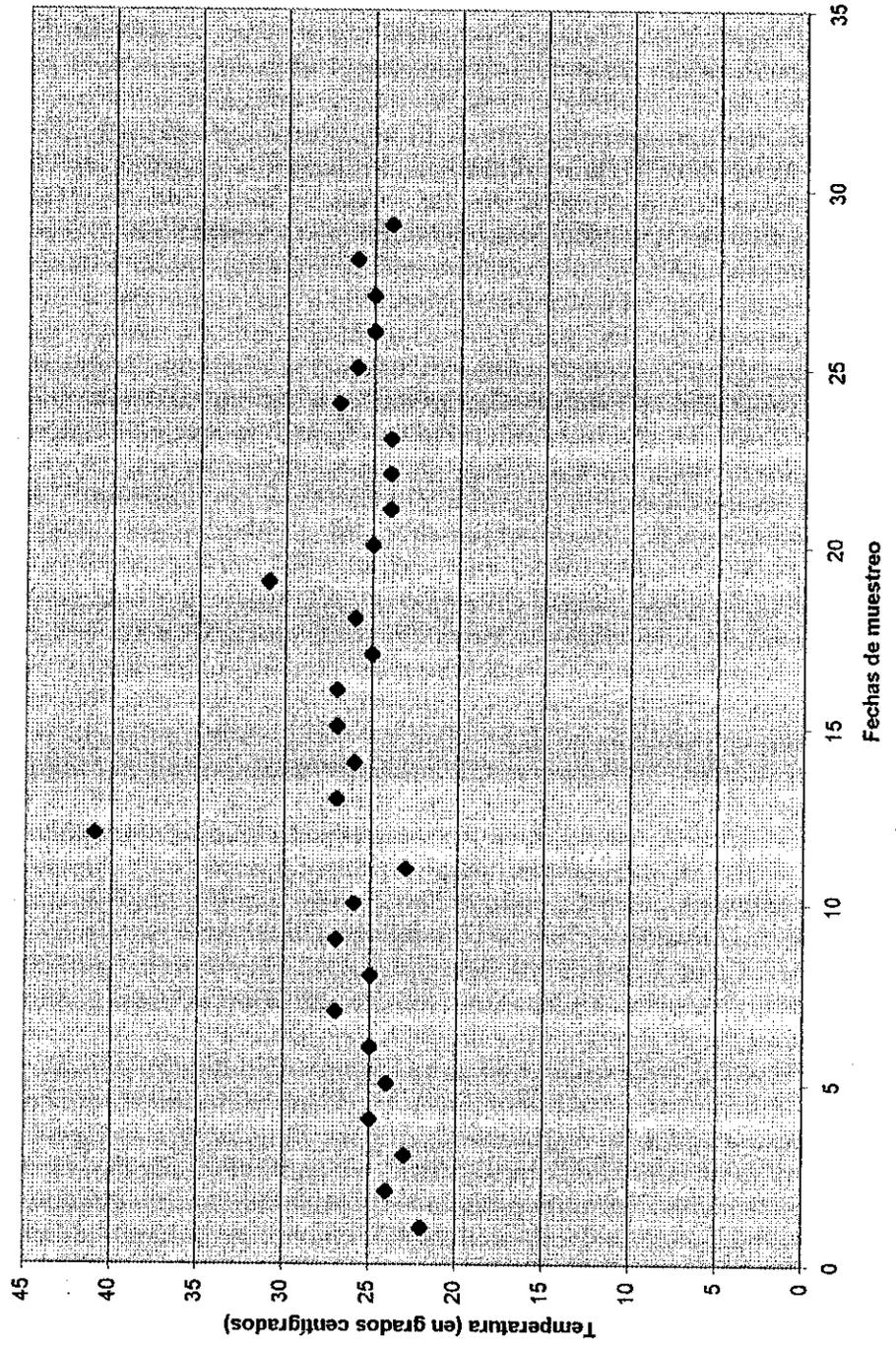


Figura 31 Temperatura en desfogue P5

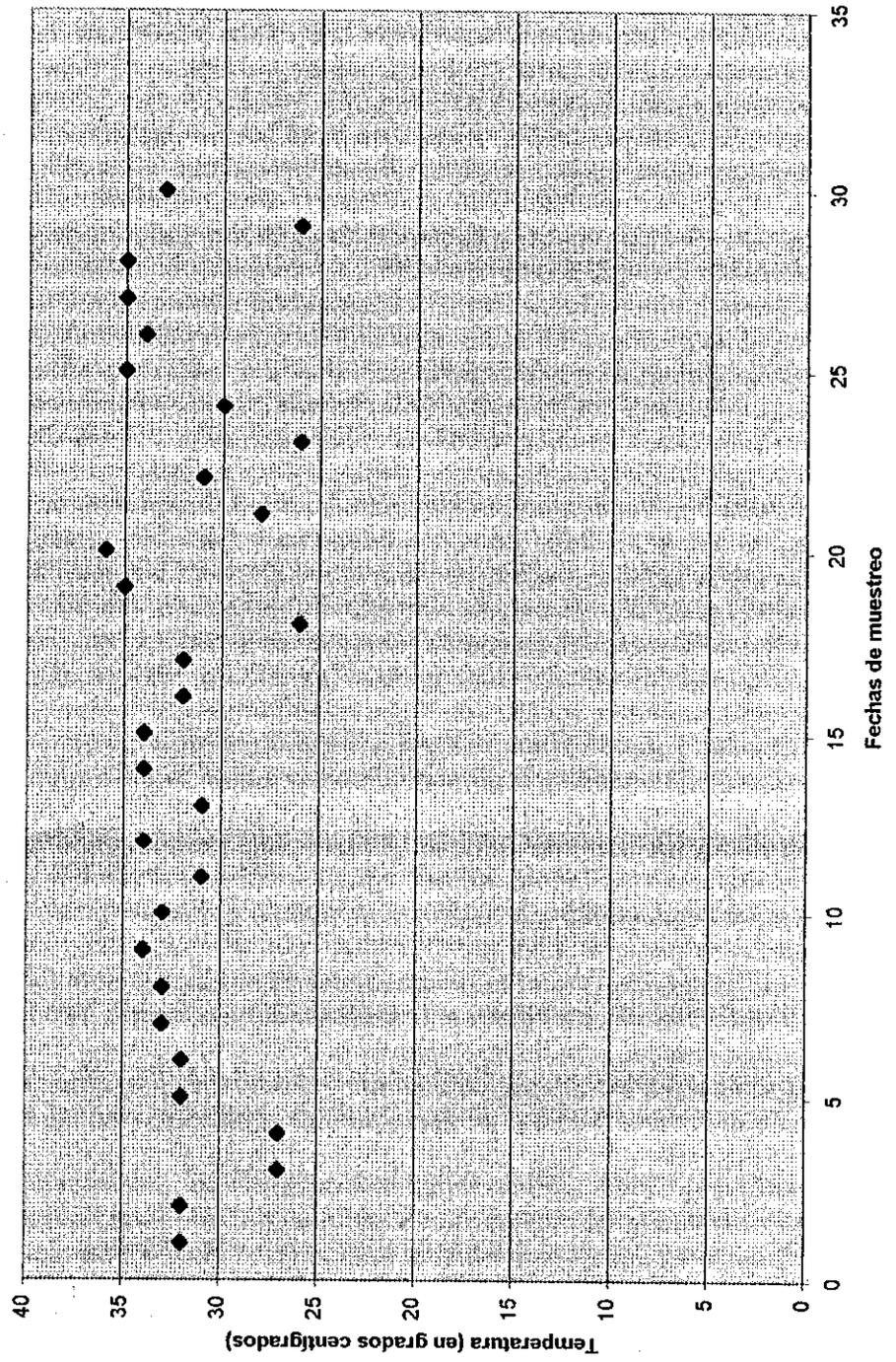


Figura 32 Temperatura en desfogue P6

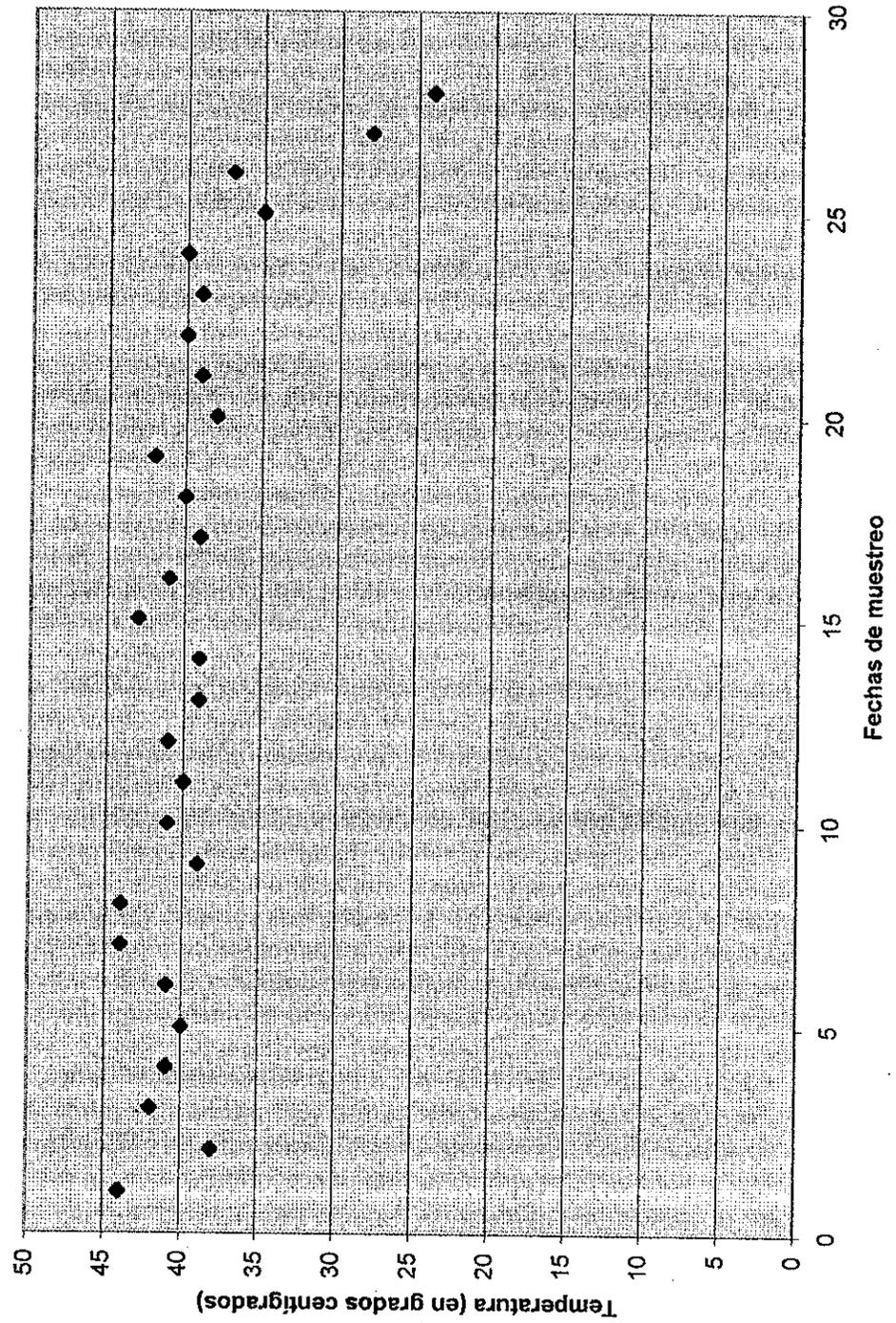


Figura 33 Temperatura en desfogue P7

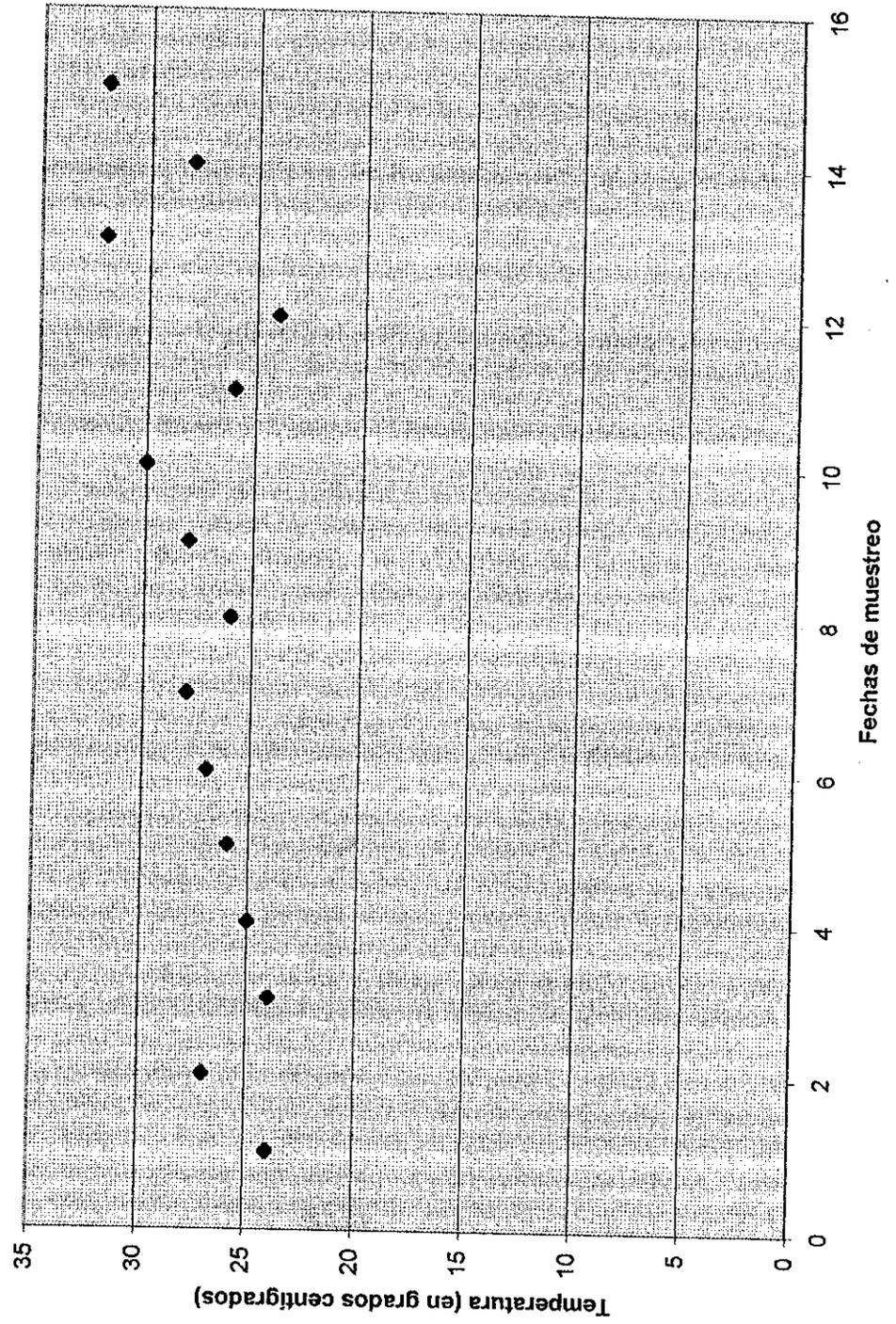


Figura 34 Temperatura en desfogue P8

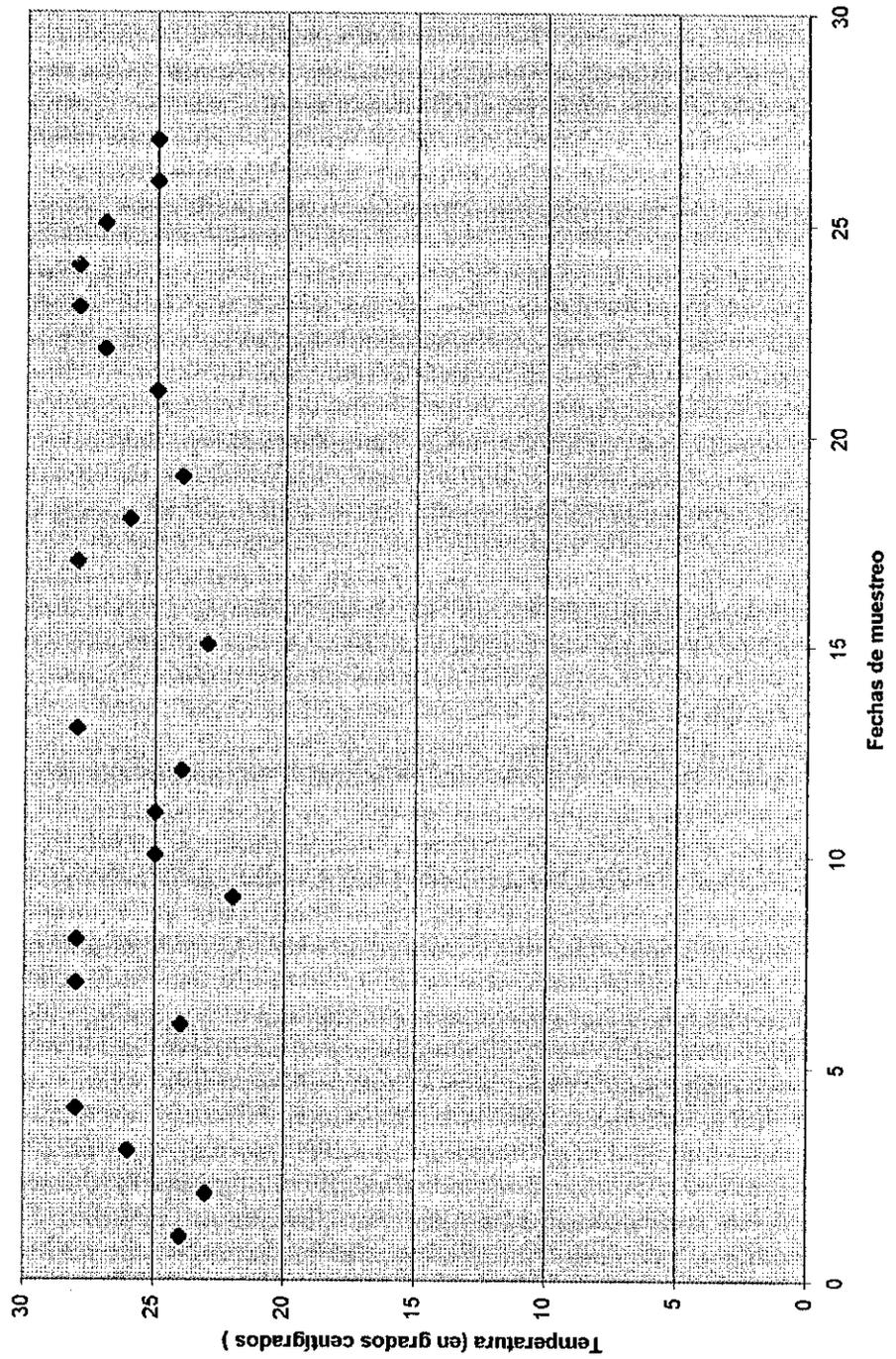


Figura 35 pH en afluente P1

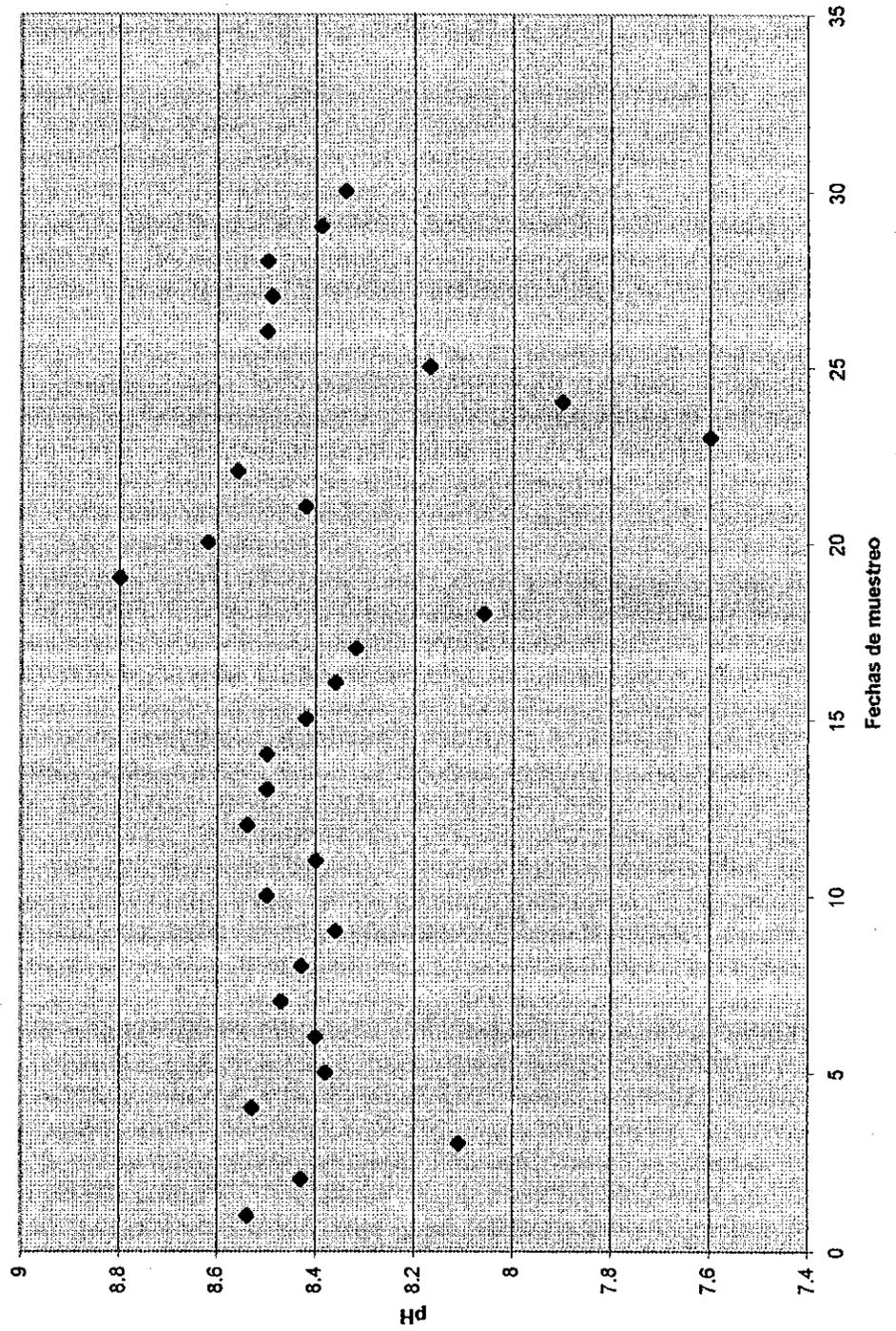


Figura 36 pH en desfogue P3

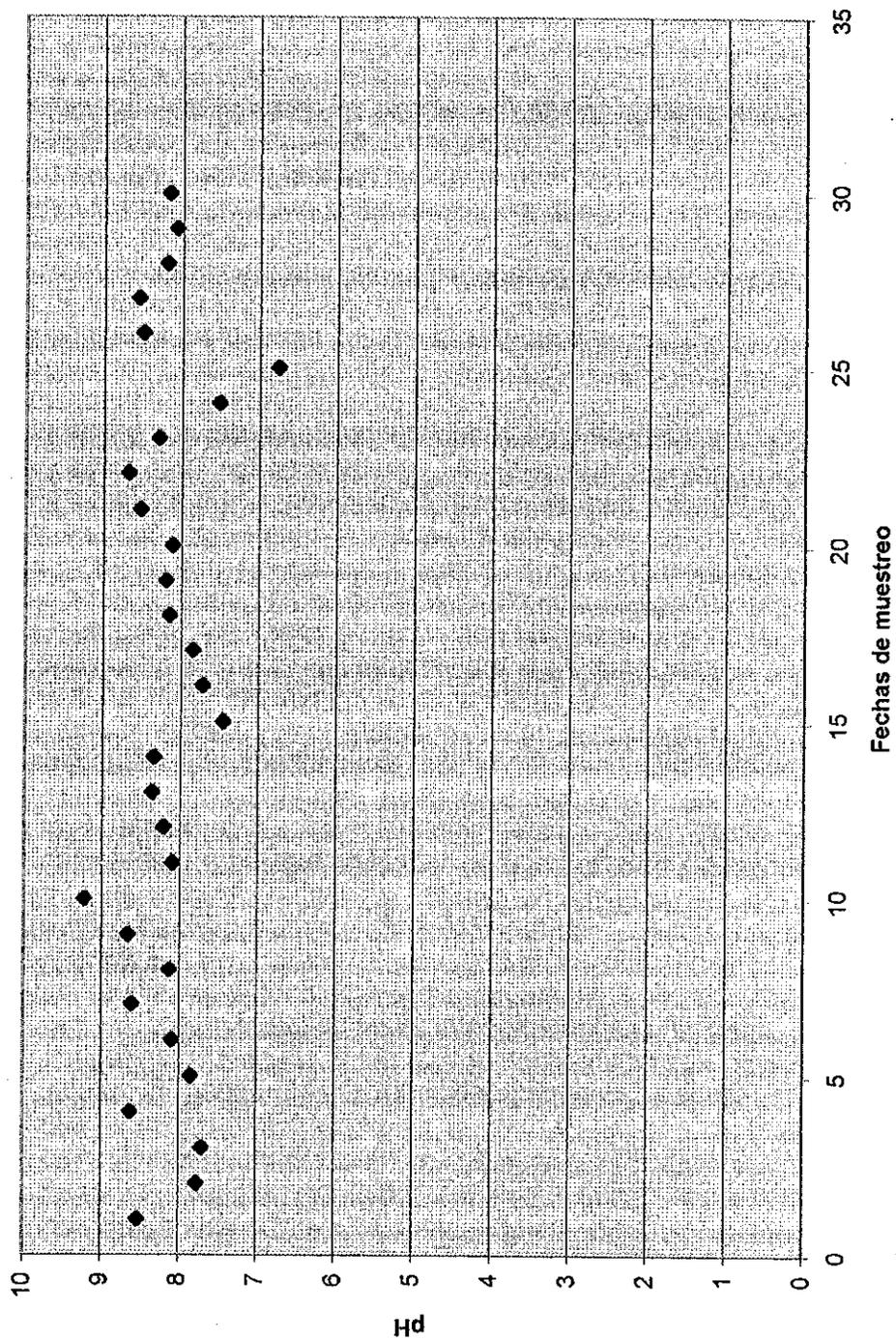


Figura 37 pH en efluente P4

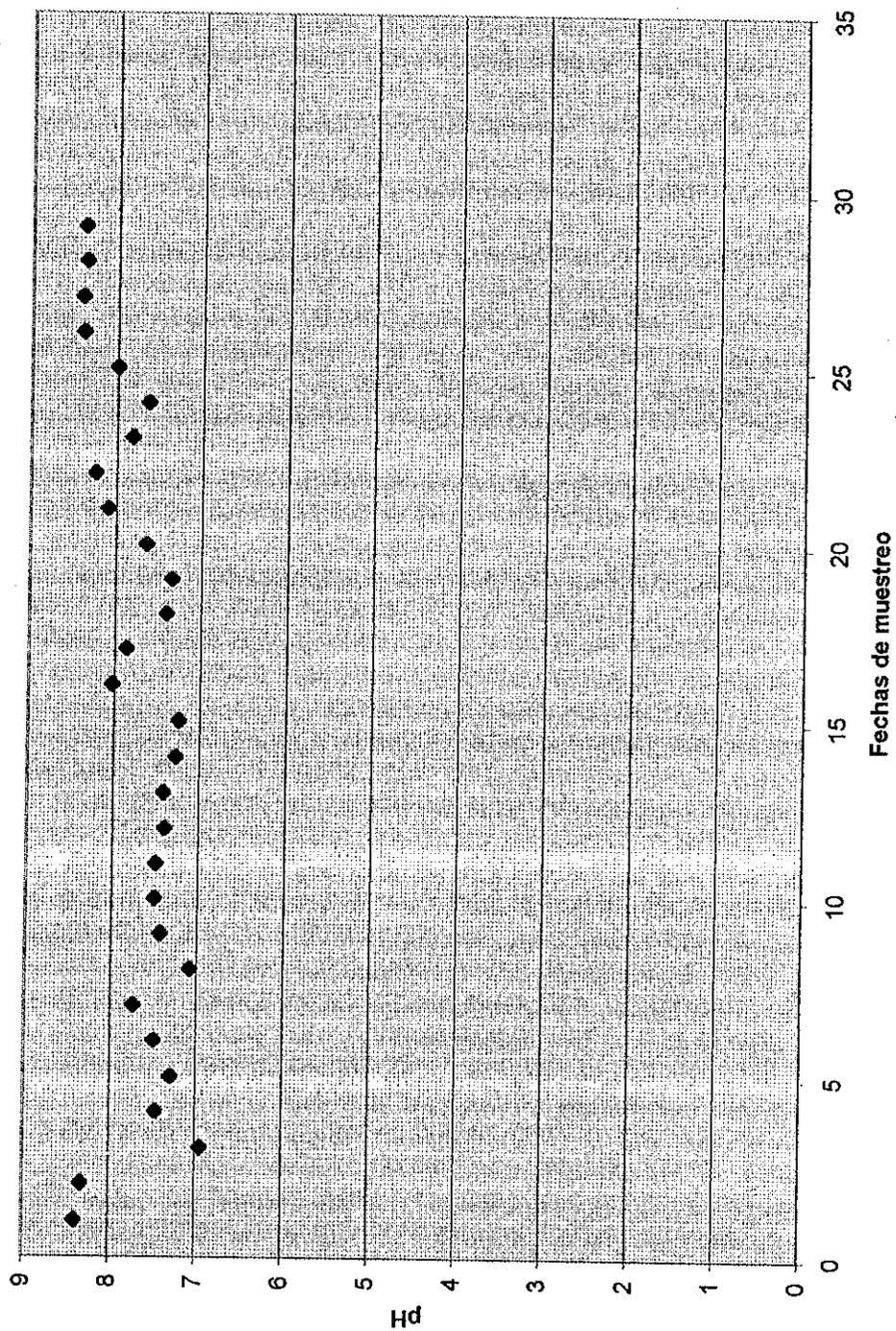


Figura 38 pH en desfogue P5

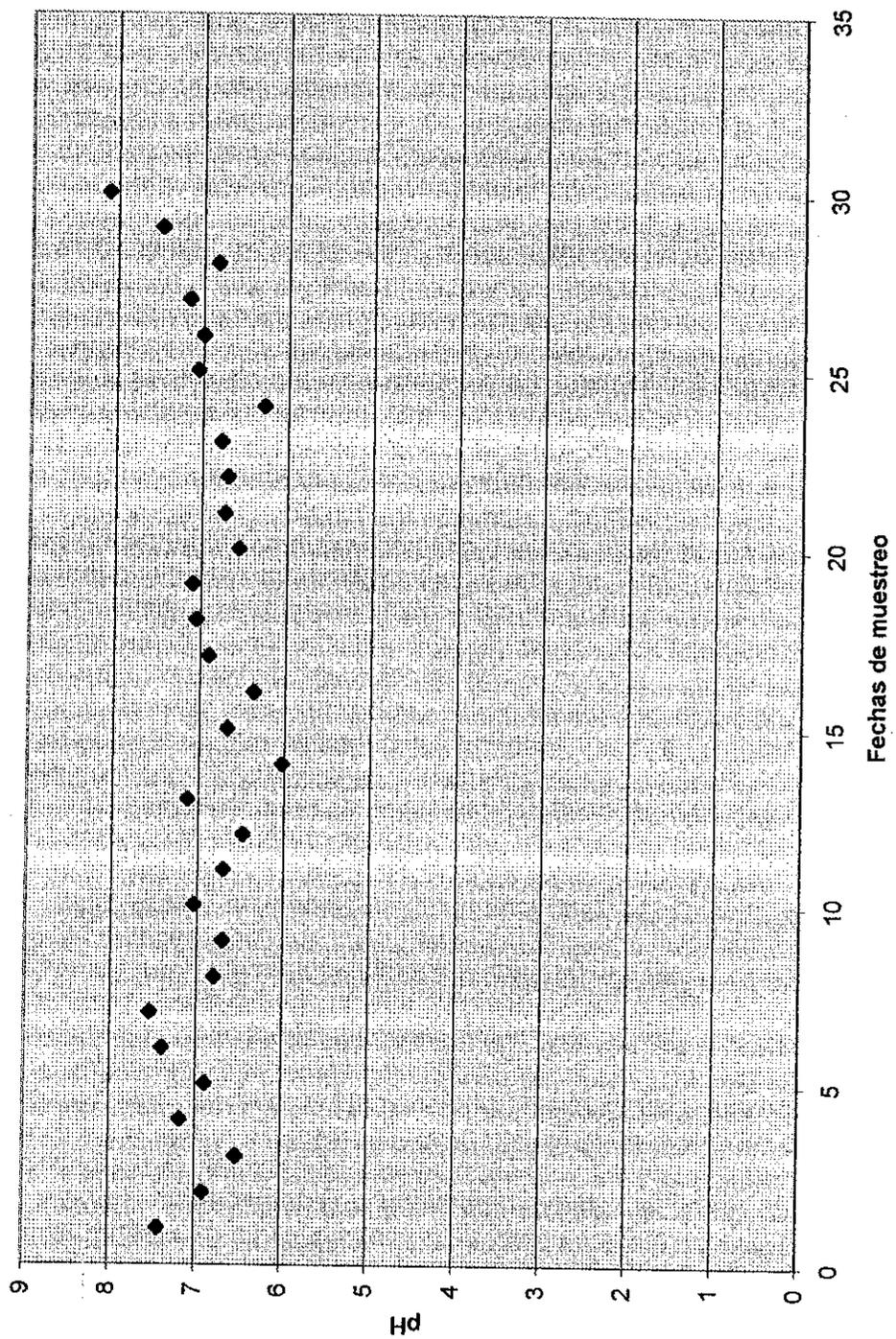


Figura 39 pH en desfogue P6

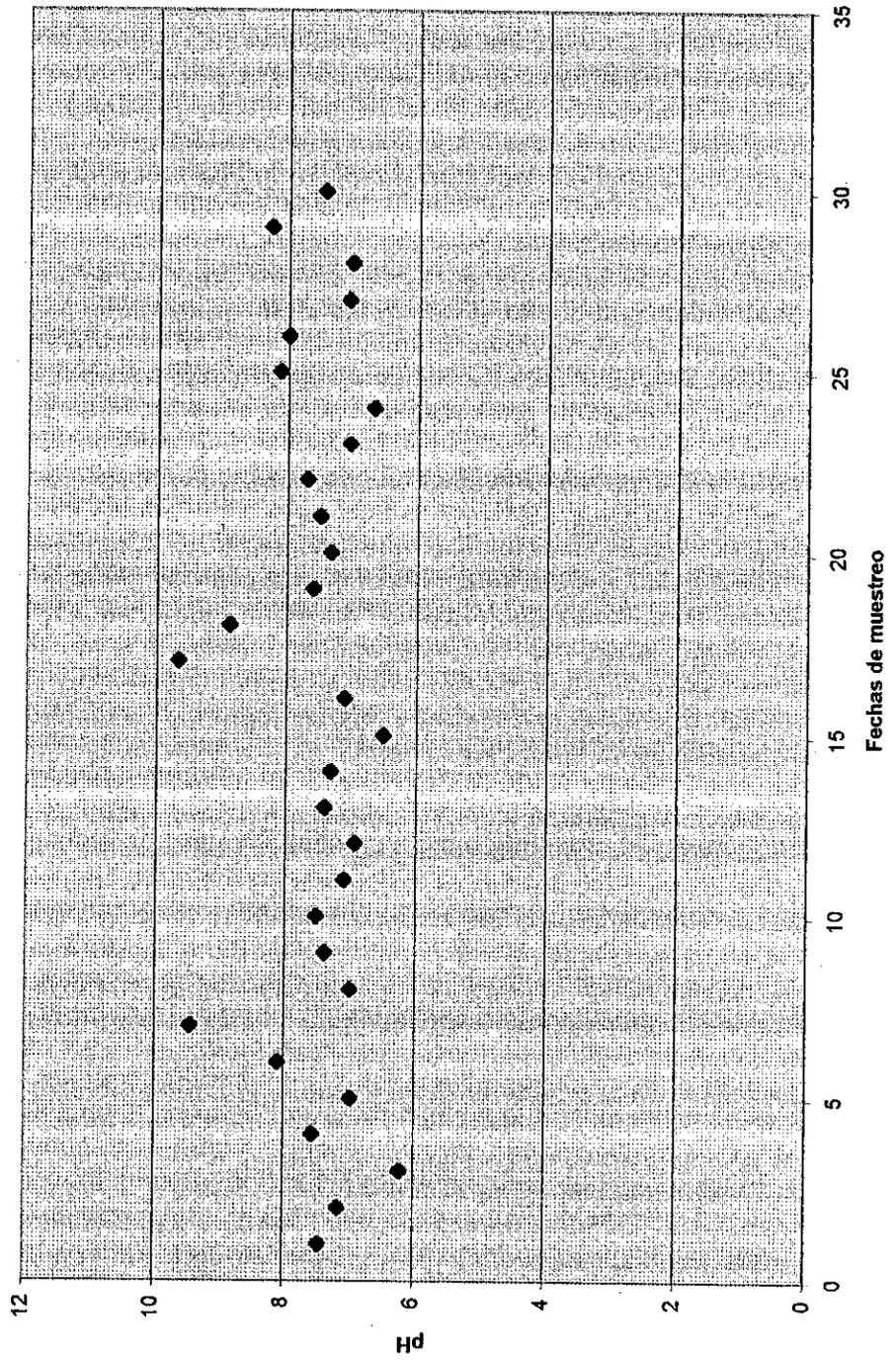


Figura 40 pH en desfogue P7

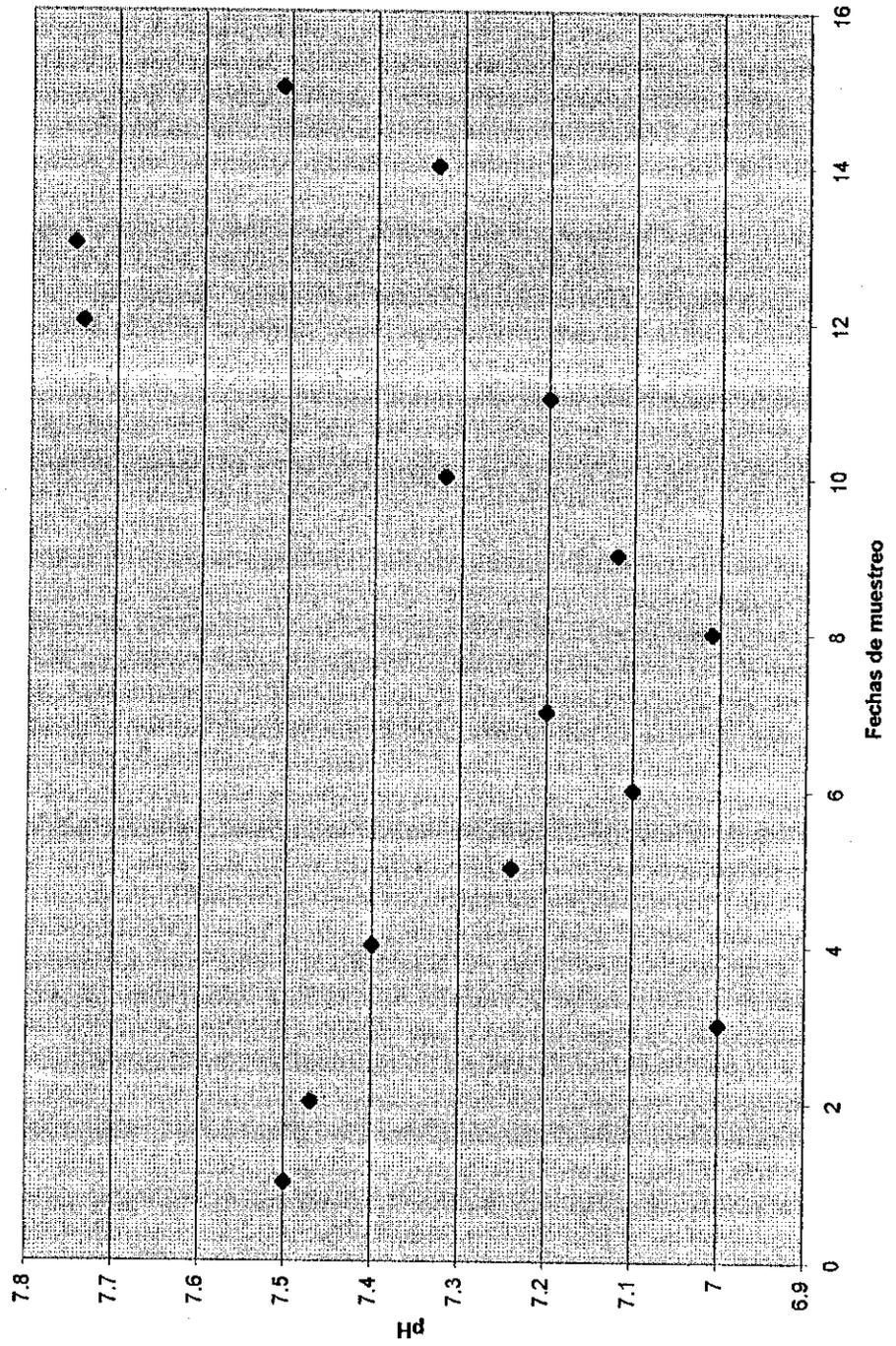


Figura 41 pH en desfogue P8

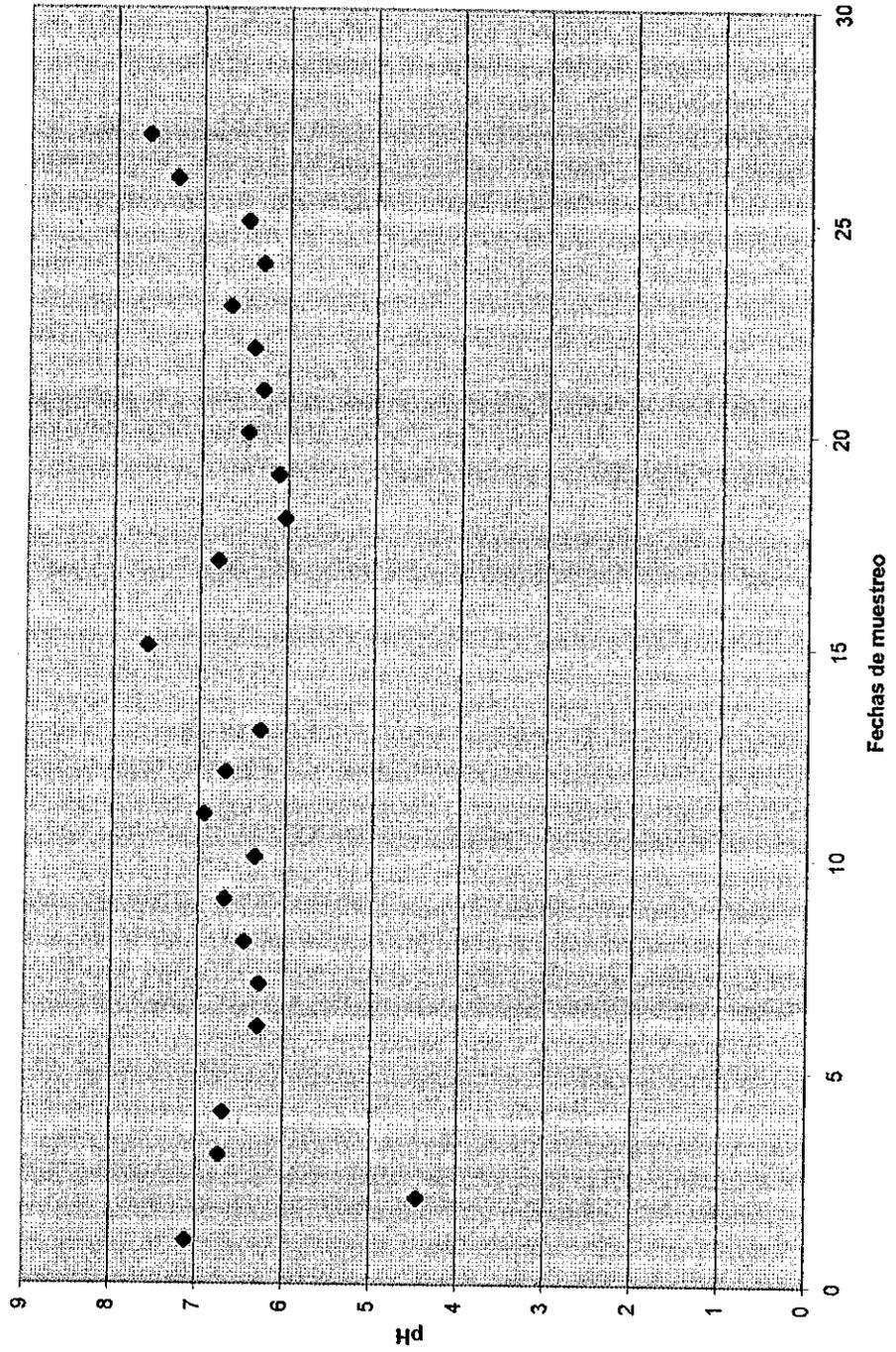


Figura 42 Oxígeno disuelto en afluente P1

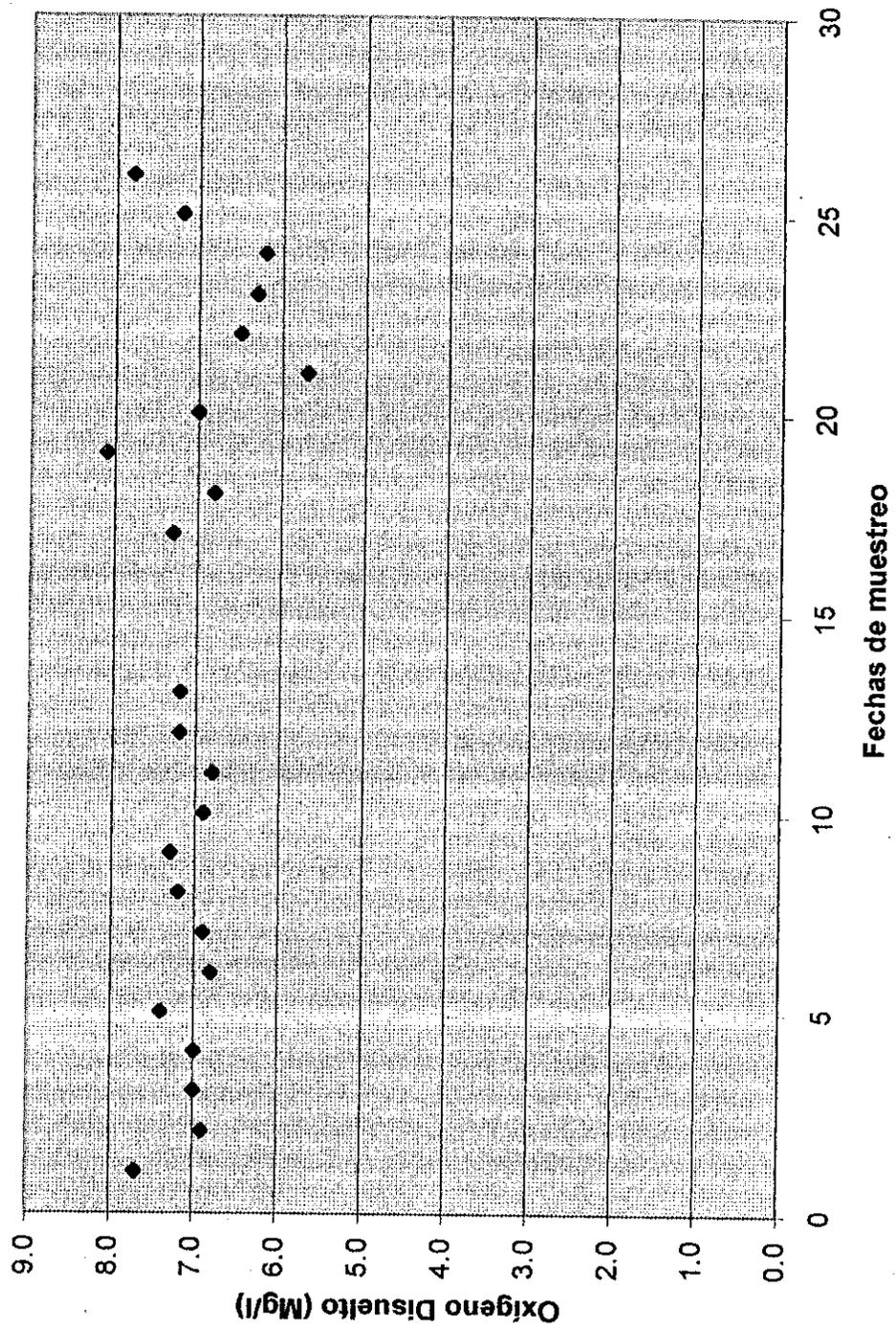


Figura 43 Oxígeno disuelto en desfogue P3

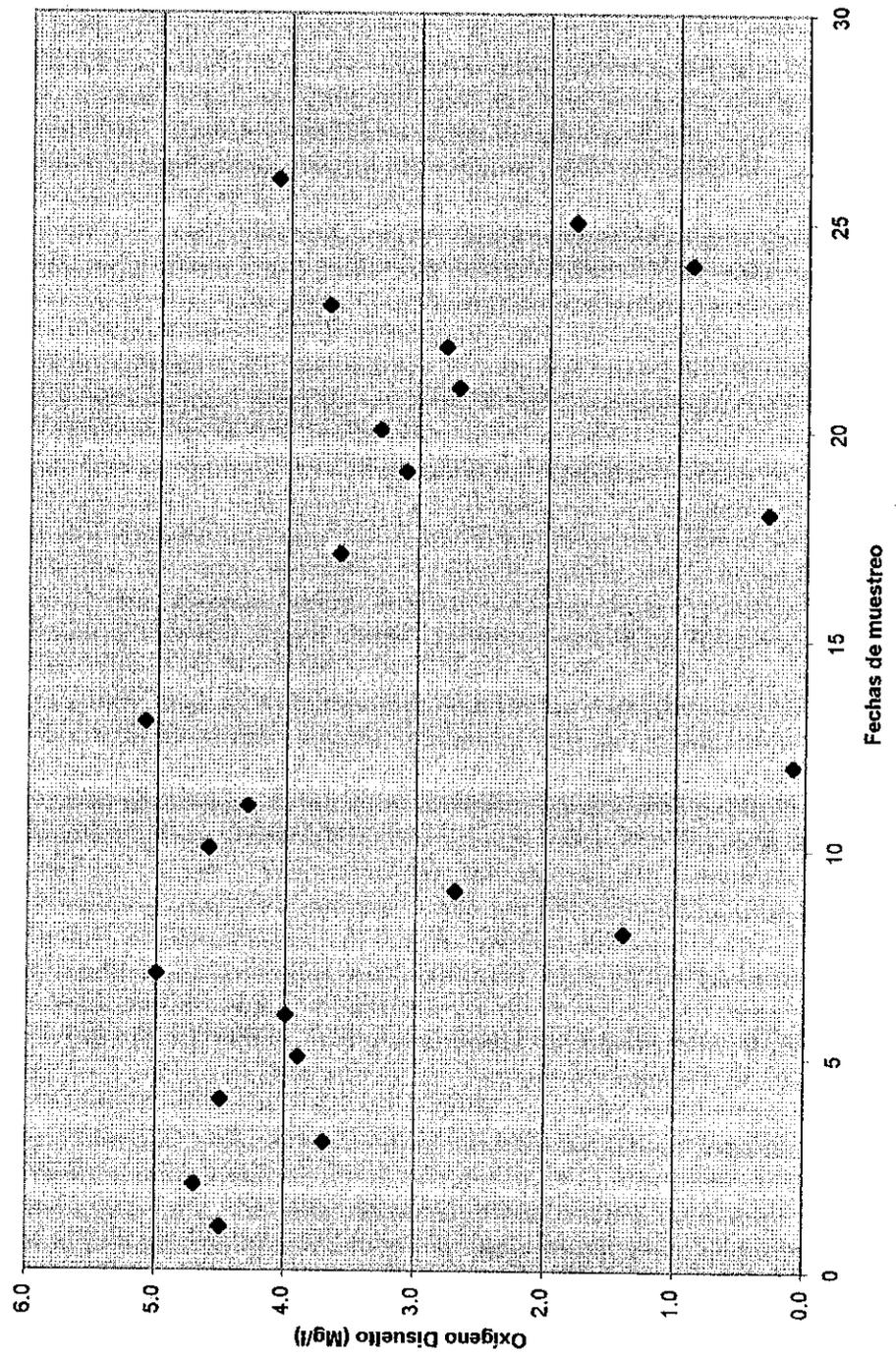


Figura 44 Oxígeno disuelto en afluente P4

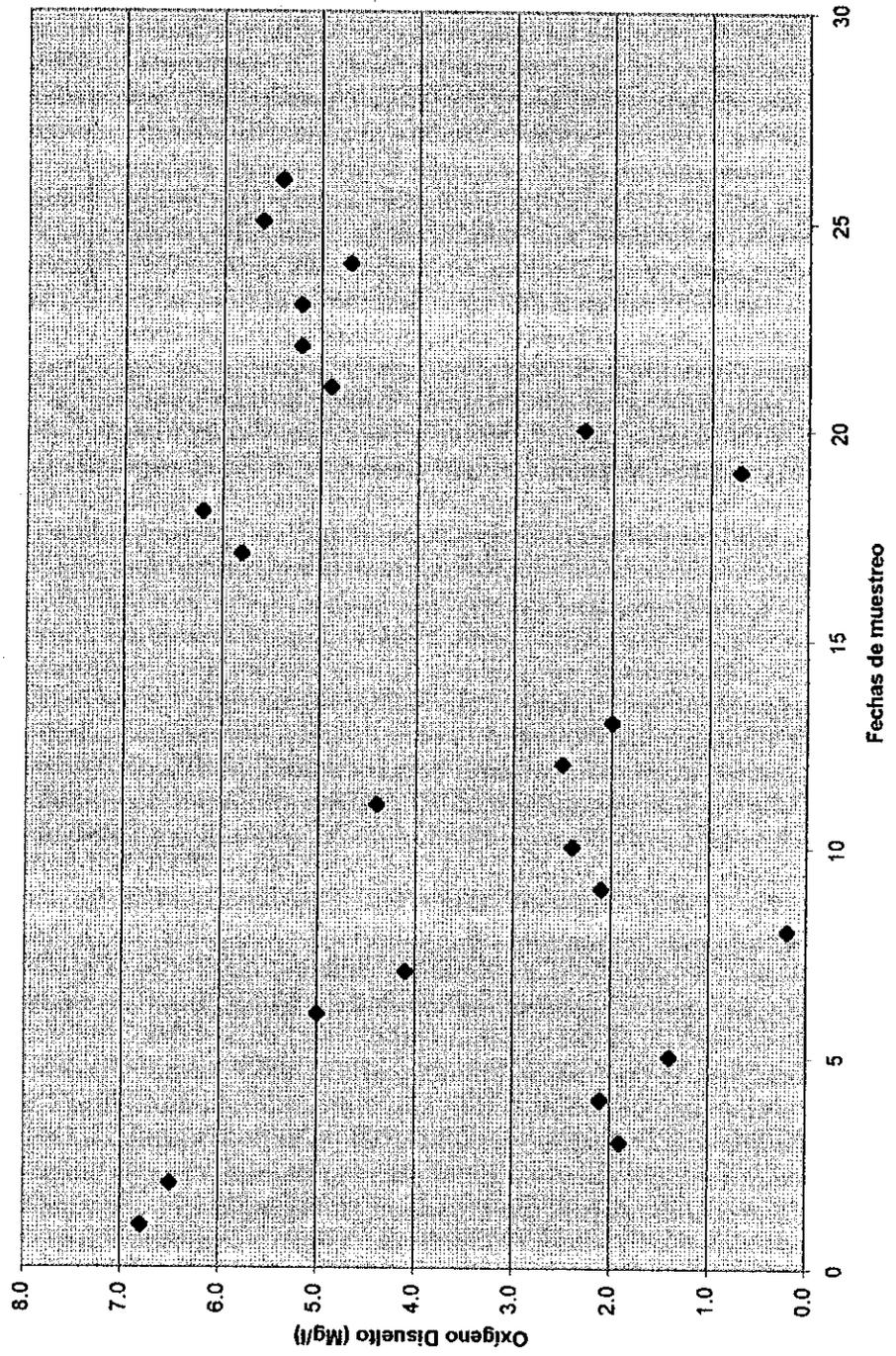


Figura 45 Oxígeno disuelto en desfogue P5

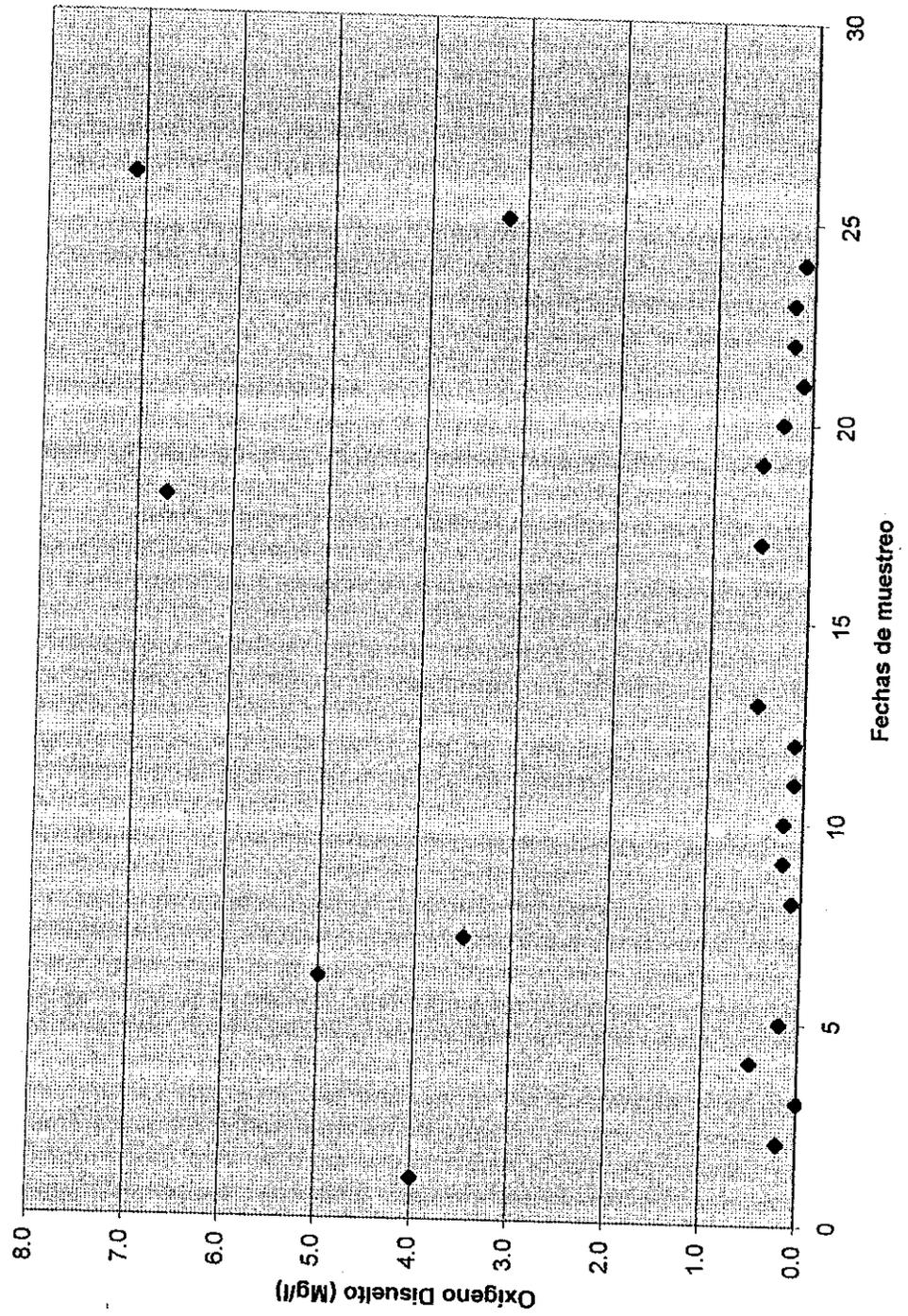


Figura 46 Oxígeno disuelto en desfogue P6

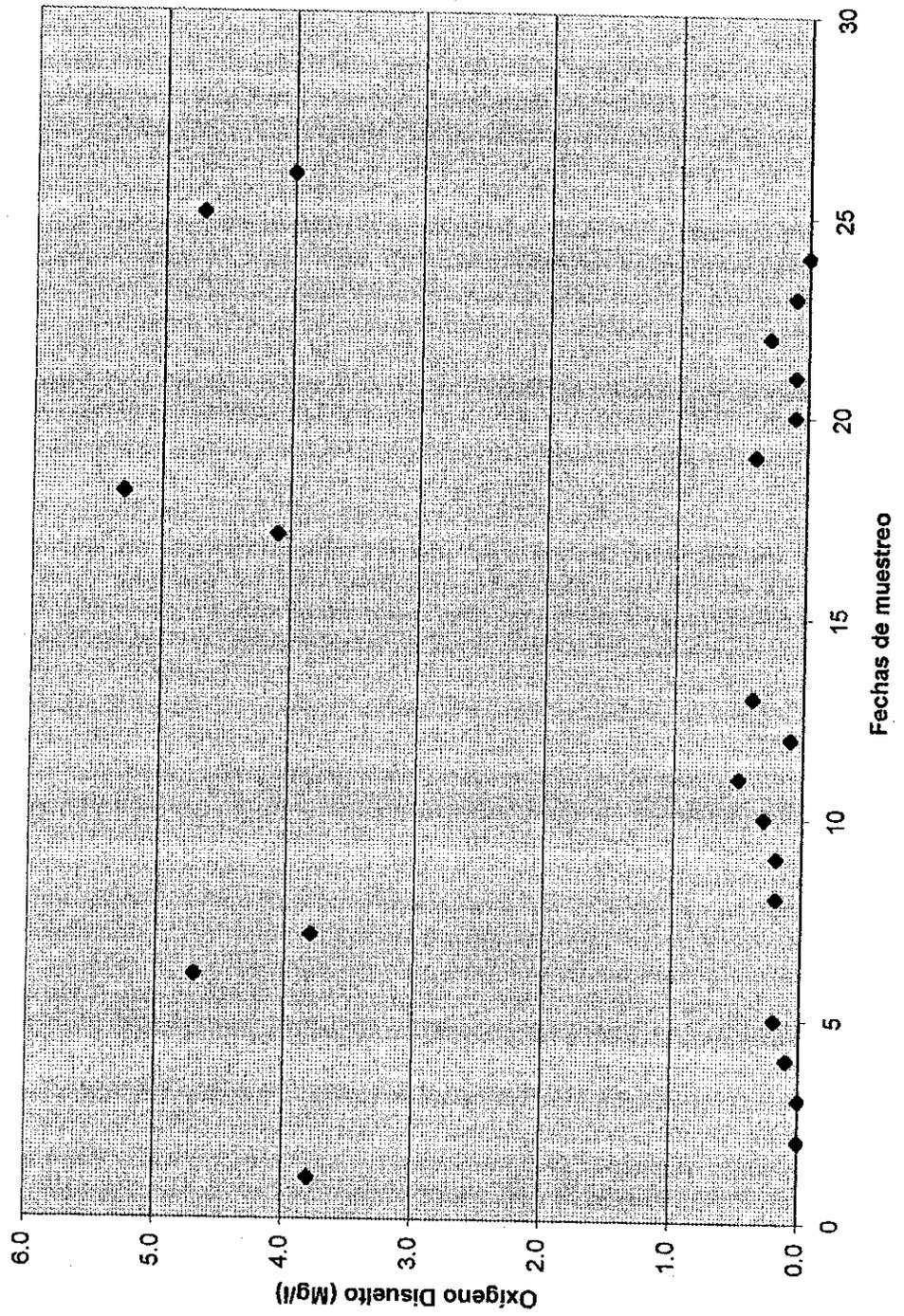


Figura 47 Oxígeno disuelto en desfogue P7

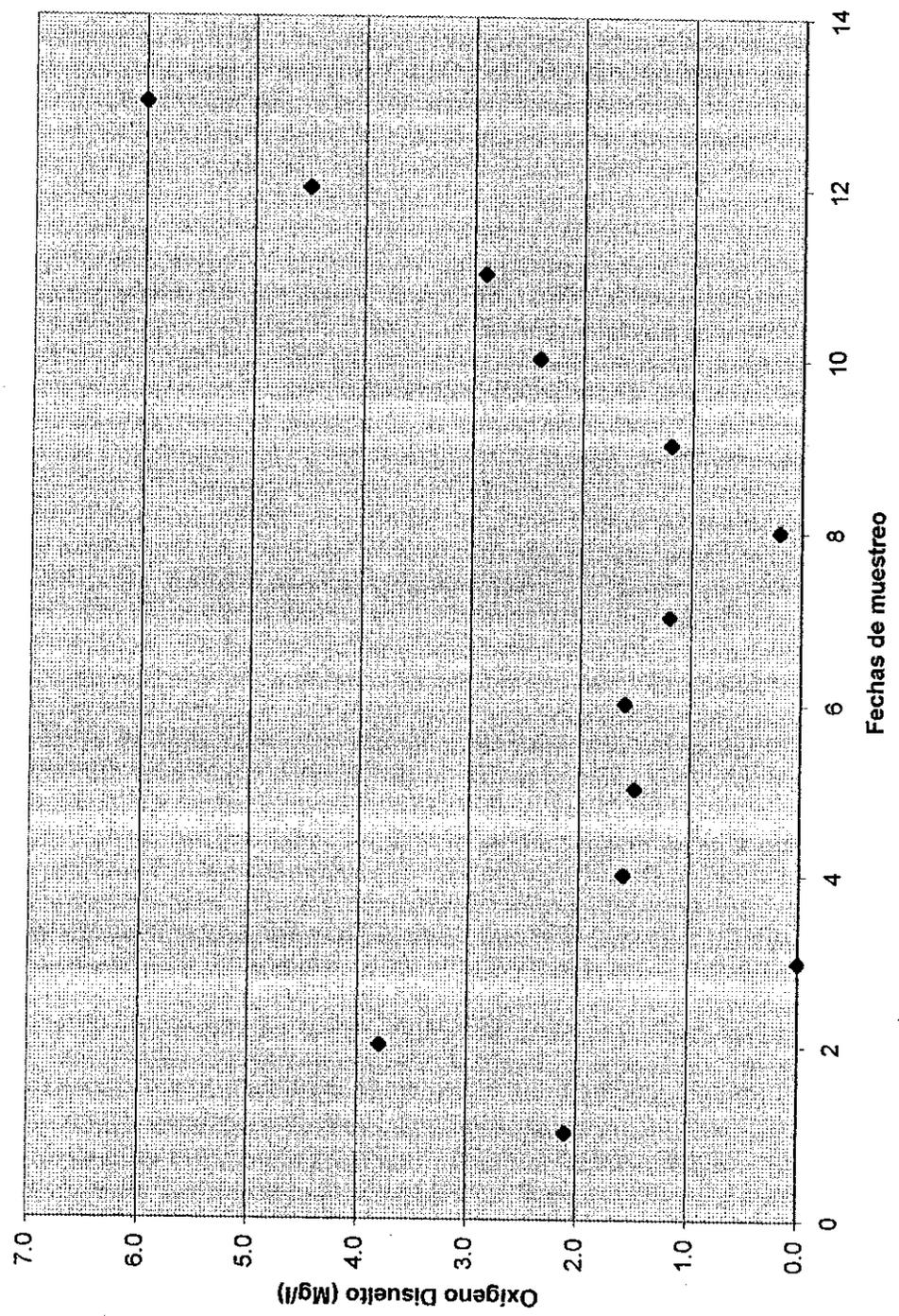


Figura 48 Oxígeno disuelto en desfogue P8

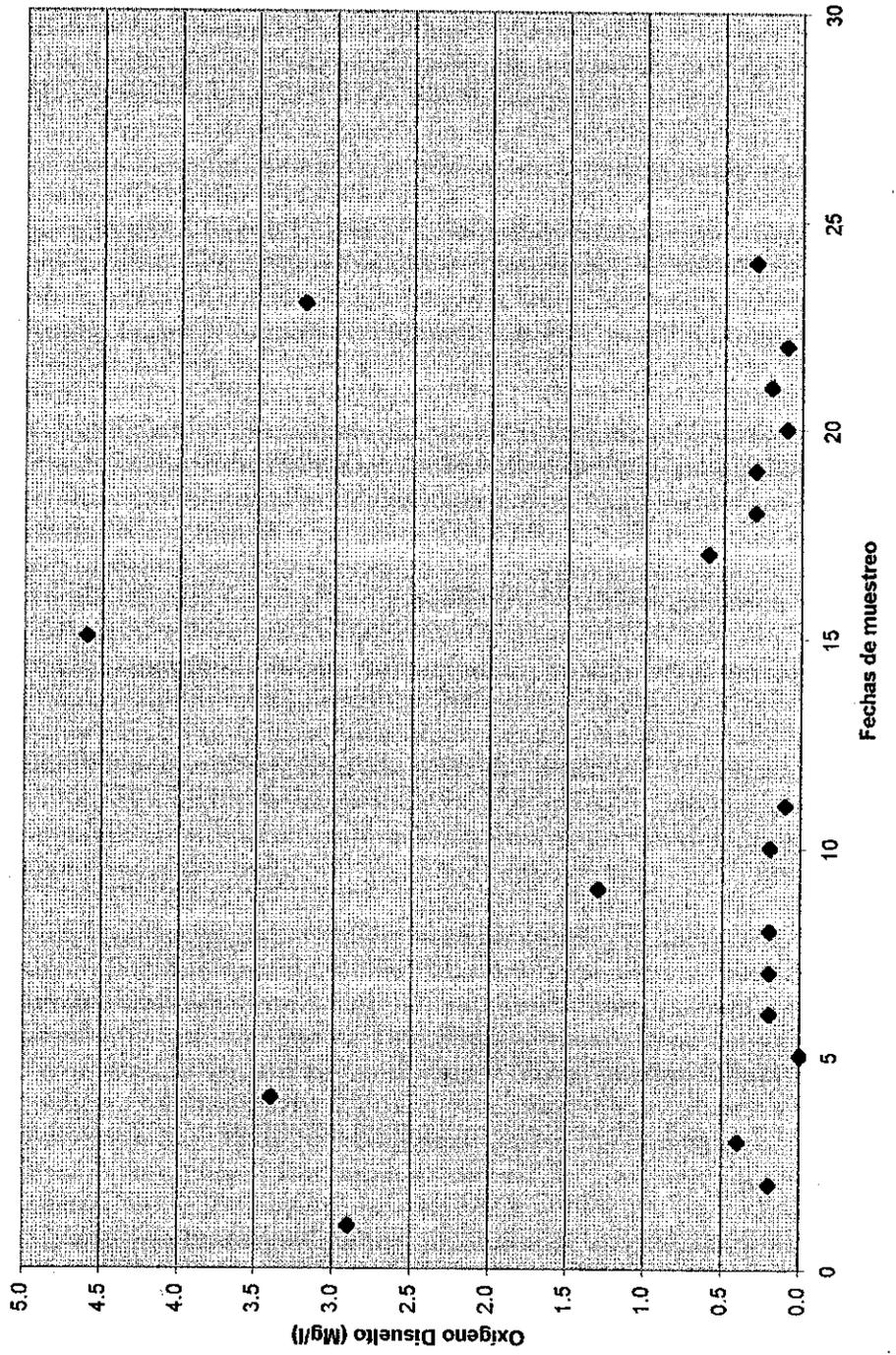


Figura 49 Turbidez en afluente P1

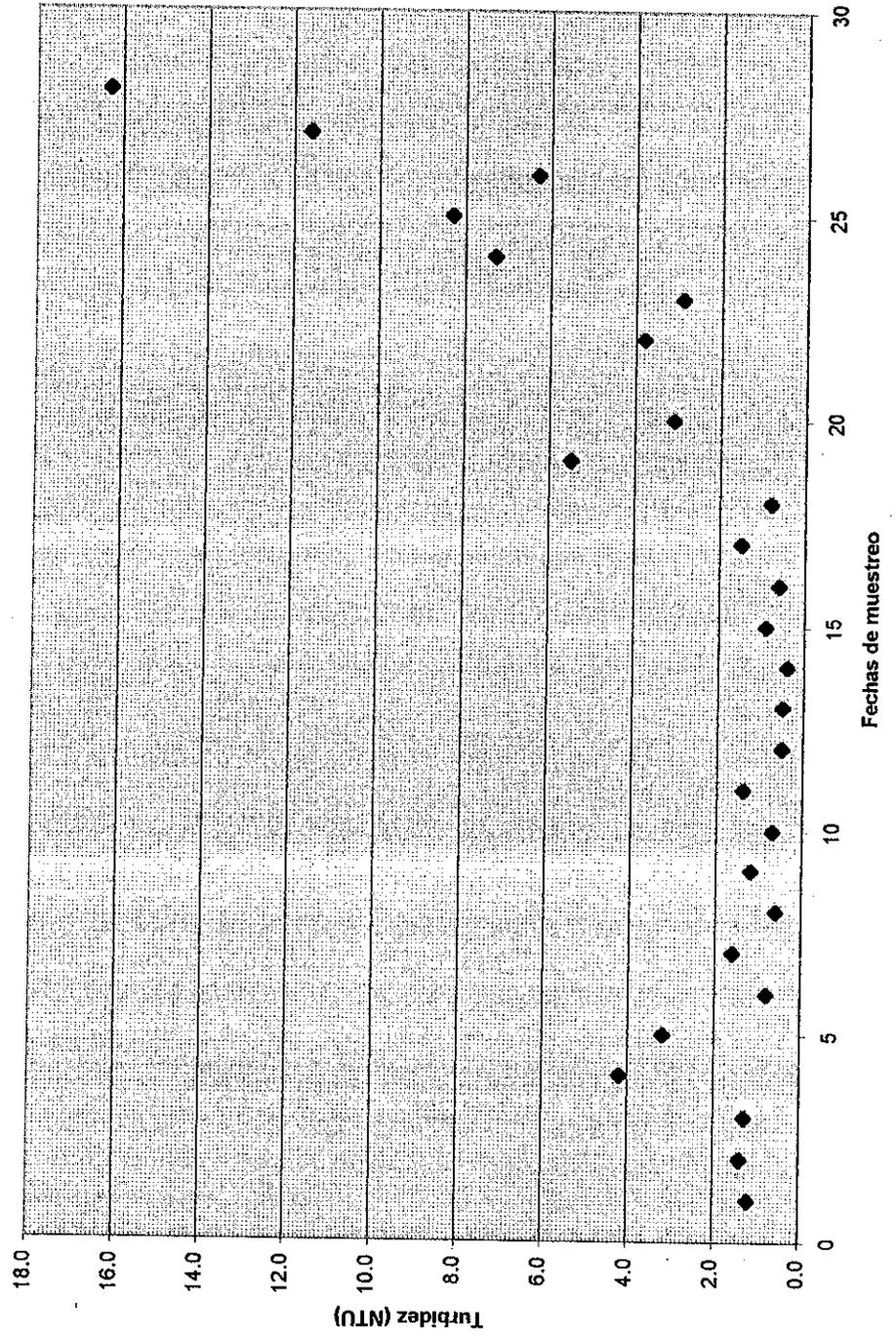


Figura 50 Turbidez en desfogue P3

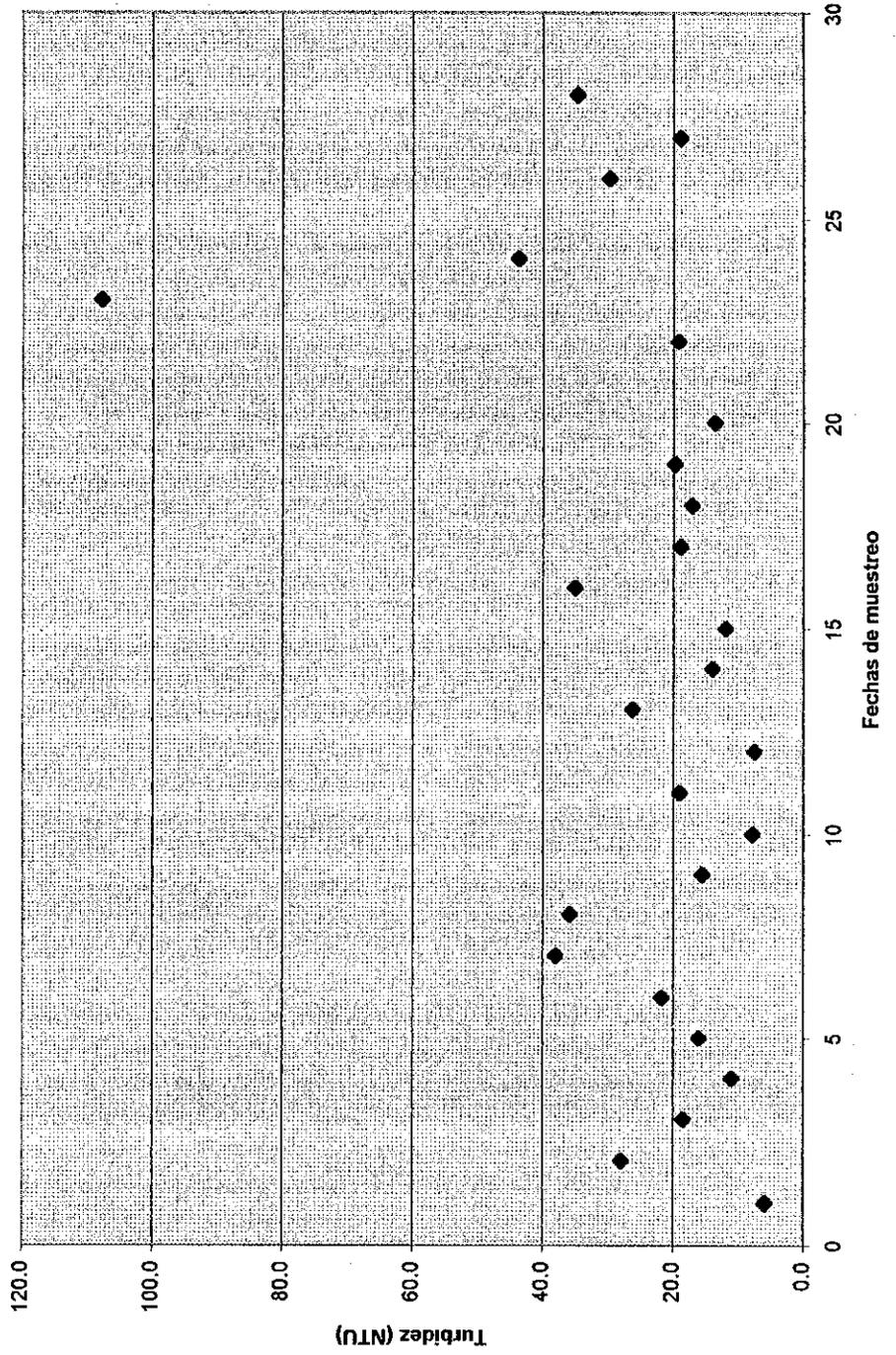


Figura 51 Turbidez en efluente P4

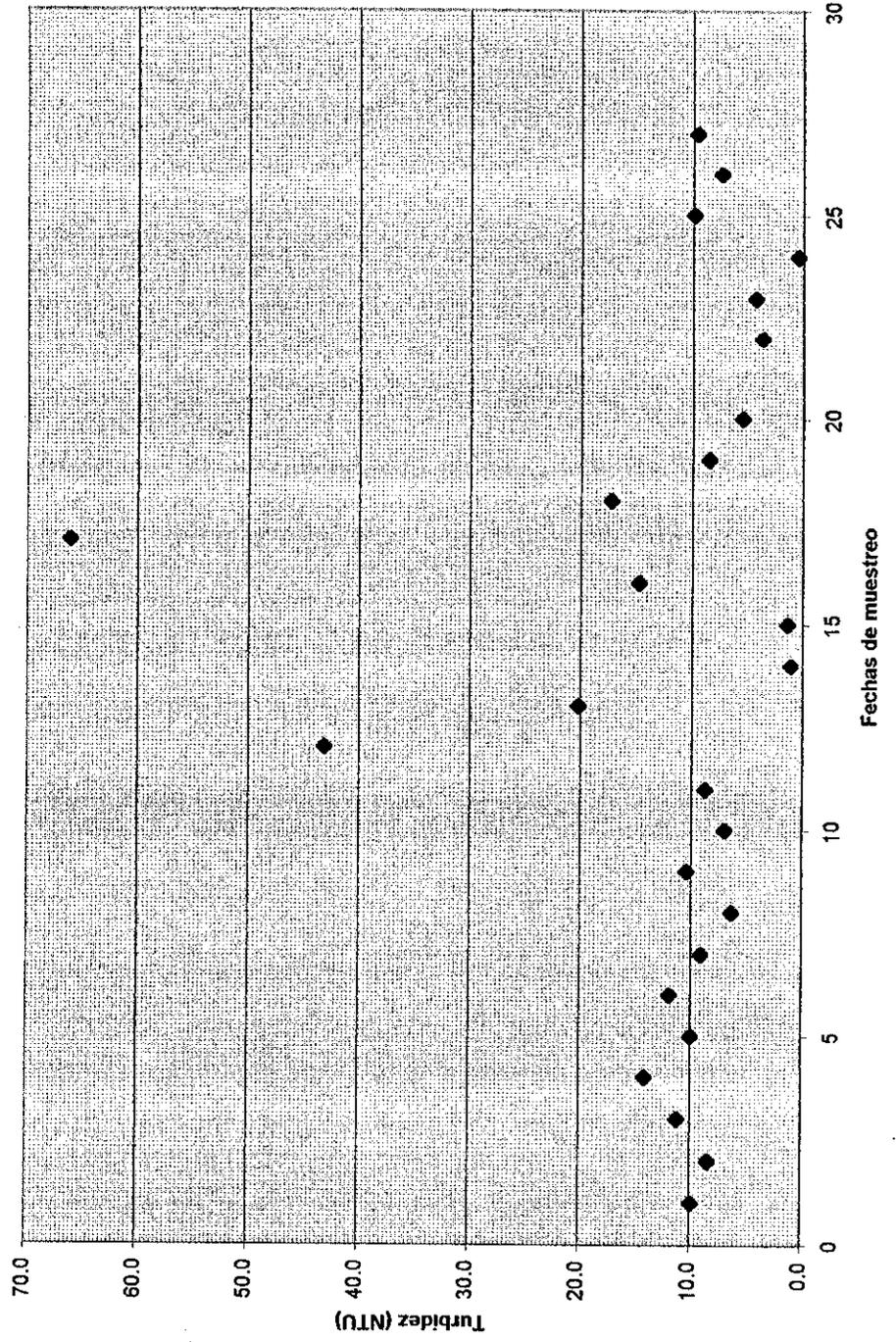


Figura 52 Turbidez en desfogue P5

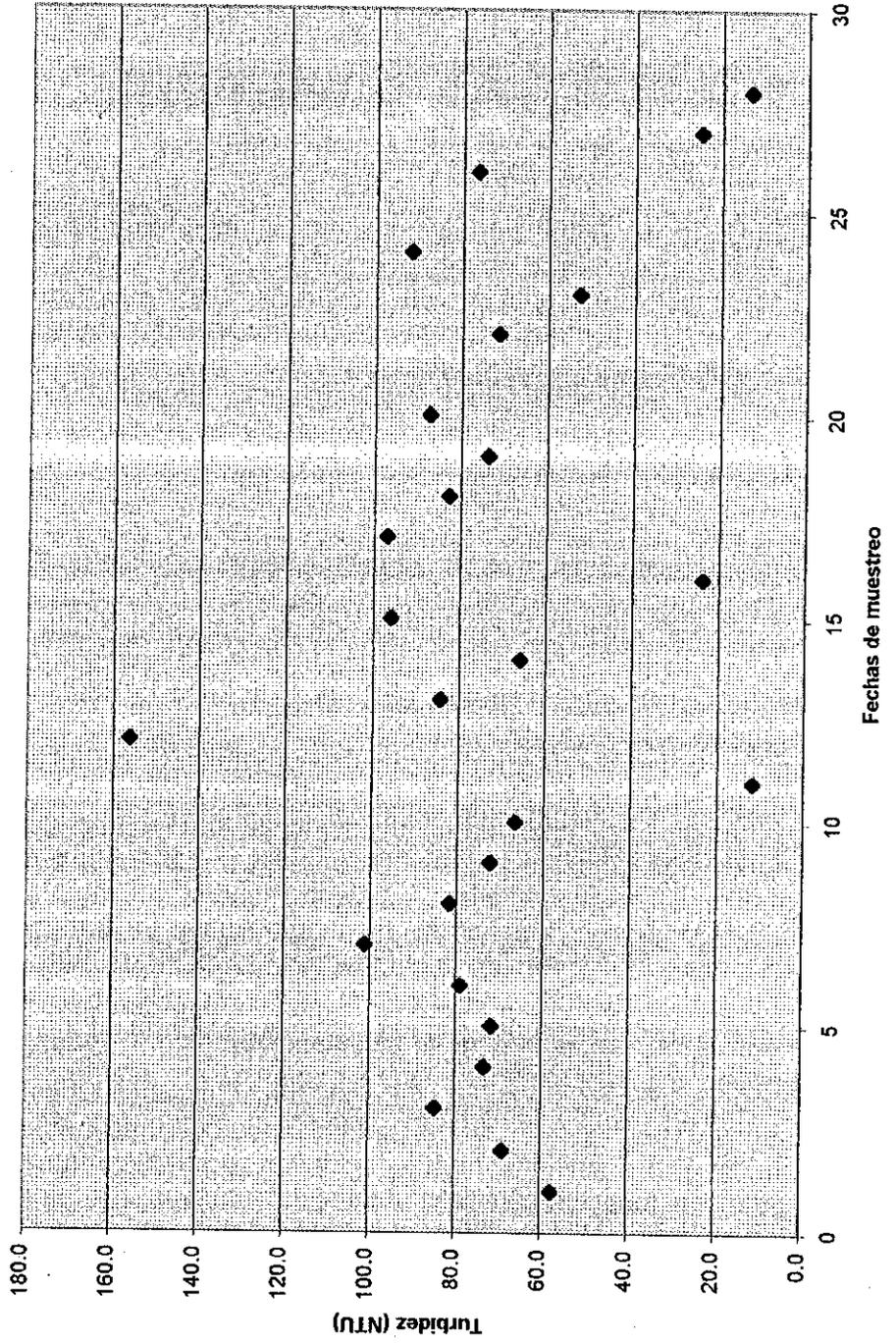


Figura 53 Turbidez en desfogue P6

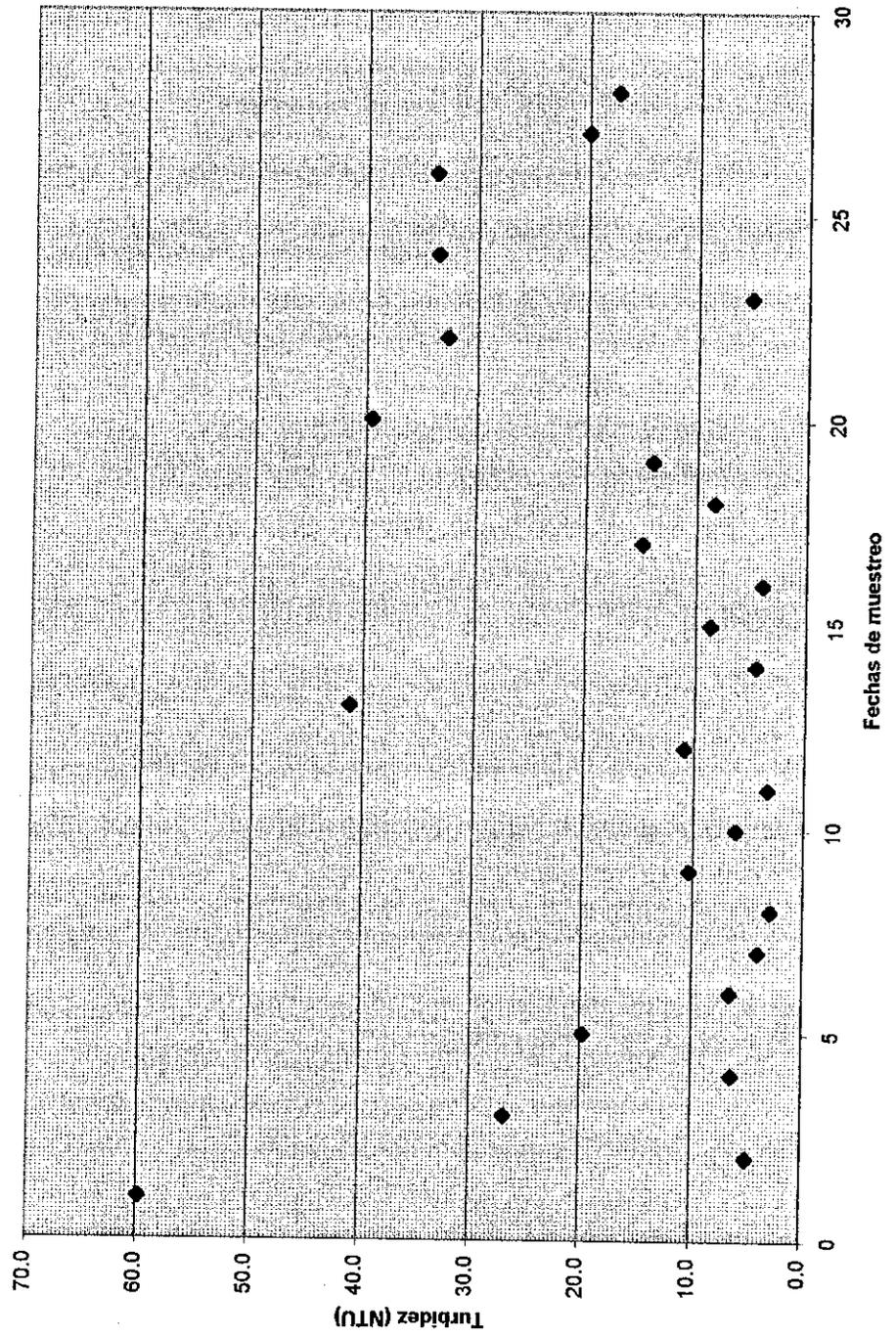


Figura 54 Turbidez en desfogue P7

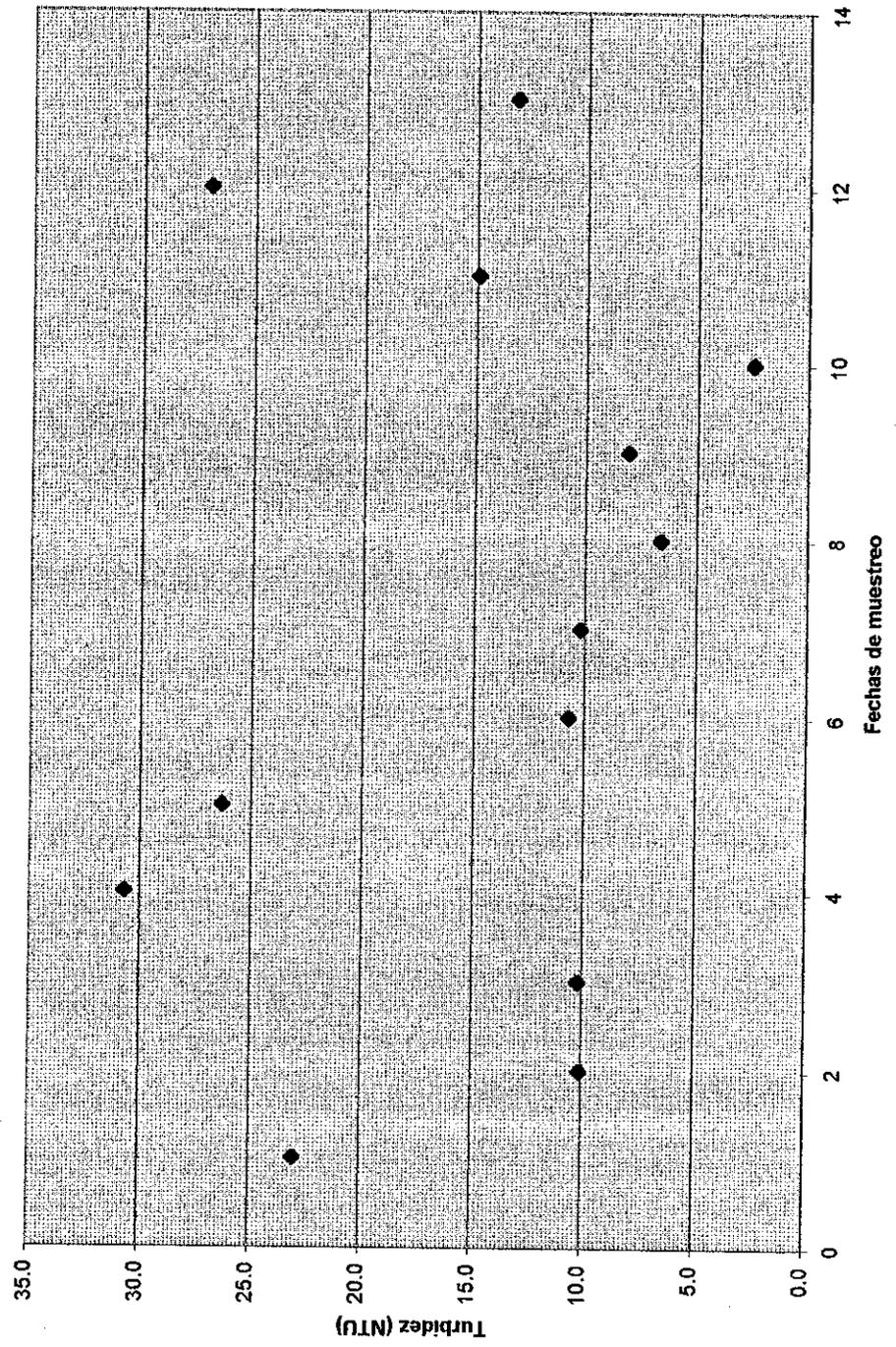
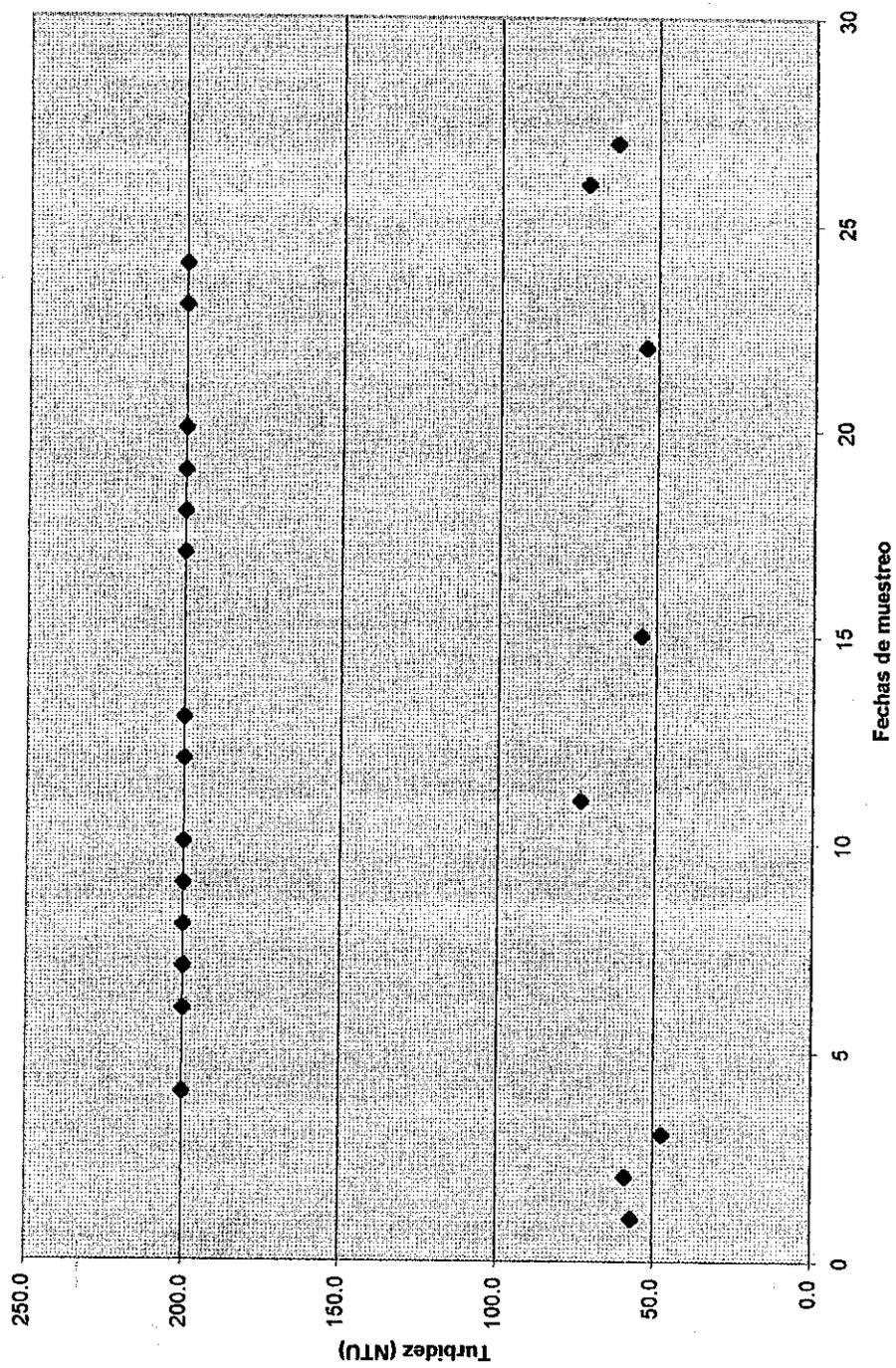


Figura 55 Turbidez en desfogue P8



CONCLUSIONES

- 1 Globalmente, las fuentes principales de aporte de materia que ameritan tratamiento/disposición son:
 - El lavado de caña. Estos son caudales intermitentes, relativamente pequeños con cargas relativamente altas.
 - El desfogue de la fábrica.
 - a) Los excesos de agua de los condensadores sólo aportan calor.
 - b) Los circuitos de lavado de conductores y enfriamiento de molinos aportan cantidades considerables de grasas minerales (esta es una observación cualitativa).
 - c) El afluente que acarrea las cenizas de las calderas, aunque su caudal es comparativamente menor al de lavado de caña, contiene un valor relativamente alto de sólidos en suspensión, que tienen valor como fertilizante.
 - d) Actualmente, el efluente que proviene del taller automotriz no demuestra ser un contaminante.
- 2 Los valores de DBO en ningún caso llegan a 1,400 mg/l. Toda la materia orgánica representada por el DBO, en el caso de los ingenios azucareros, es materia proveniente del campo, y puede ser reincorporada al mismo sin ningún tratamiento previo.
 - a) Los valores de DQO fluctúan entre 500 y 10,000 mg/l. Estos valores podrían parecer altos, pero hay que considerar que la materia inorgánica

adicional al DBO representada por estos valores tiene también su origen en el campo, con la excepción de los reactivos adicionados irregularmente con propósitos de limpieza a lo largo del proceso, y que podrían separarse oportunamente.

- b) Los valores de pH , oscilan entre 6.5 y 8.5 , es decir en valores cercanos al neutro, por lo que aparentemente:
- No se retiran de proceso cantidades considerables del circuito de agua de la caldera.
 - No será estrictamente necesario un ajuste de pH en los efluentes.
- c) Los efluentes tienen valores promedio de temperatura entre 26° y 42° C.
- d) Los efluentes de fábrica y lavado de camiones muestran turbidez alta, desde 70 a más de 200 NTU, lo cual presenta un aspecto visual negativo, en el momento de la descarga.
- 3 Ninguna muestra de DQO fue mayor o igual a 40000 mg/l , lo cual es el límite máximo permisible de contaminación para la descarga de las aguas servidas de la industria de la caña de azúcar, según el acuerdo gubernativo número 60-89.
- a) Ninguna muestra de DBO fue mayor o igual a 30000 mg/l, lo cual es el límite máximo permisible de contaminación para la descarga de las aguas servidas de la industria de la caña de azúcar, según el acuerdo gubernativo número 60-89.
4. Las formas de disposición de los efluentes más adecuadas se encuentran en el diagrama No. 8.

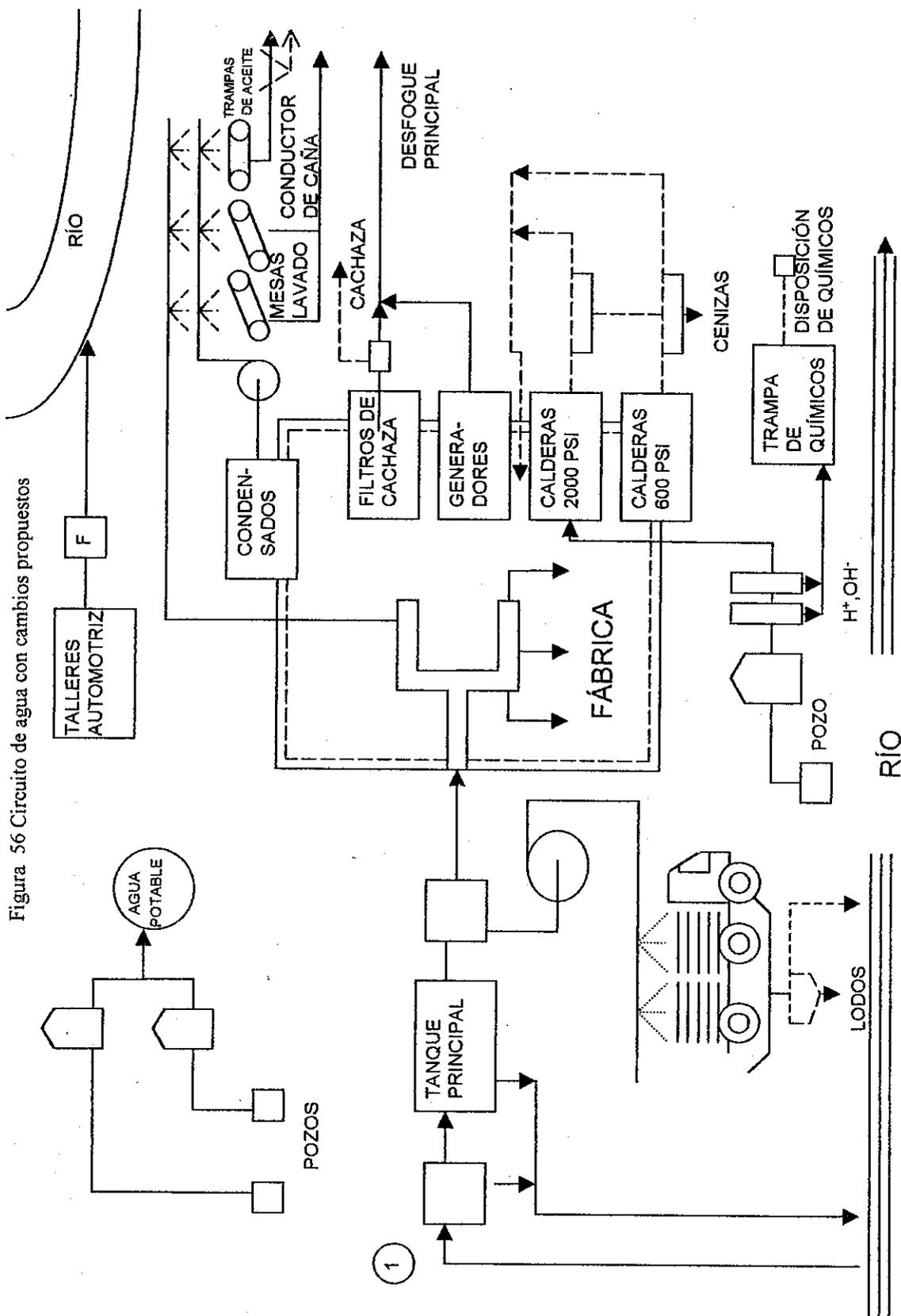


Figura 56 Circuito de agua con cambios propuestos

RECOMENDACIONES

1. Poner en funcionamiento y establecer un procedimiento para desviar los efluentes que contengan reactivos químicos, los cuales pueden almacenarse separadamente y eventualmente depositarse en una fosa.
2. Construir trampas de aceite para los efluentes de enfriamiento de molinos y lavado de conductores.
3. Construir un sistema para recuperación de cachaza, y su reutilización en el campo.
4. El efluente que arrastra las cenizas de la caldera deberá tratarse al construir un sistema de separación de sólidos tanto por flotación como por sedimentación. En este caso, el agua puede reutilizarse al crear un sistema cerrado de re-circulación, y los sólidos se unen a la cachaza para su disposición final.
5. Retornar el exceso de los condensadores y enfriamiento de turbo, para ser utilizada en el lavado de camiones.
6. Establecer un programa de monitoreo de agua, el cual incluya el análisis de sólidos totales, ya que se puede establecer la relación entre sólidos totales (suspendidos y solubles) y el DBO y por consiguiente el DQO. Esta información será muy importante para el diseño de separadores de sólidos.
7. Hacer pruebas del efecto de suprimir el lavado en las mesas, aumentar el tiempo de lavado en los camiones, y evaluar los resultados obtenidos desde el punto de vista del proceso de fabricación, con el fin de suprimir el lavado en las mesas.

8. Como el principal problema es el contenido de sólidos insolubles en el efluente de lavado de caña en camiones, es altamente recomendable diseñar y construir un sistema de separación de sólidos, tanto por flotación como por sedimentación, a inmediaciones del ingenio, para aprovechar su alta velocidad de sedimentación, de manera que el agua así pre-tratada pueda fluir adecuadamente para la remoción y disposición de los lodos. Esta remoción, simultáneamente con la anterior, constituiría el tratamiento primario para las dos principales fuentes de contaminación.
9. Asegurarse que las trampas de aceite del taller automotriz funcionen adecuadamente y se sigan los procedimientos establecidos para eliminación de grasas y aceites.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Wesley Eckenfelder. **Water quality engineering for practicing engineers.** Barnes & Noble. USA: 1970.
2. Paul Sarnoff. **The New York Times dictionary of the environment** Equinox /AVON. New York: 1973.
3. Herbert Lund. **Industrial pollution control handbook.** McGraw-Hill. San Francisco: 1971
4. James Chen. **Manual de azúcar de caña.** Noriega LIMUSA. Mexico: 1991
5. **Análisis del agua .** MERCK. Darmstadt, Alemania: 1974.

ANEXOS

Tabla I Demanda Bioquímica de Oxígeno (Mg/l)

#	Fecha	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	Observaciones
1	15/12/95	4	2	70	5	265	164	33		
2	29/12/95	16	20	14	21	197	199	57		
3	9/1/96	2		47	75	215	245	51	125	
4	12/1/96	4		54	4	280	165	1	285	
5	17/1/96	12		91	54	958	181	151	567	
6	19/1/96	4		56	27	219	207	216	219	
7	24/1/96	1		59	27	729	202	51		
8	26/1/96	5		131	110	573	183	52	1003	
9	31/1/96	2		180	1	218	175	29	1151	
10	2/2/96	7		114	29	441	76	32	1166	
11	7/2/96	1		26	14	532	243	33	1112	
12	9/2/96	11		128	40	949	250	22	1340	
13	26/2/96	7		2	29	32	240	8	374	
14	28/2/96									Falla en el medidor de oxígeno
15	6/3/96									Falla en el medidor de oxígeno
16	8/3/96									Falla en el medidor de oxígeno
17	13/3/96	7		20	29	360	1090		220	
18	19/3/96	4		74	37	38	36			Molinos parados, solo fábrica
19	29/3/96	4		44	209	771	41		729	
20	10/4/96	6		8	127	127	23		222	
21	12/4/96	7		56	25	251	198		1073	
22	17/4/96	8		54	6	277	183		1003	
23	19/4/96	3		96	1	354	25		432	
24	24/4/96	1		151	26	314	709		332	
25	26/4/96	13		354	37	52	27		159	Parada por falta de caña
26	30/4/96	16		71	10	580	161		833	
27	12/5/96									Falla en el medidor de oxígeno
28	15/5/96									Falla en el medidor de oxígeno
29	17/5/96									Parada por falta de caña
30	5/6/96									Falla en el medidor de oxígeno

Promedio	6	9	78	31	375	216	51	650
Máximo	16	20	354	209	958	1090	216	1340
Mínimo	1	2	54	37	32	27	33	125

Clave de códigos:

P1 Río afluente	P5 Desfogue fábrica
P2 Agua de pozo	P6 Desfogue patio de caña
P3 Planta eléctrica	P7 Desfogue taller automotriz
P4 Río efluente	P8 Desfogue lavado de caña

Tabla II Demanda Química de Oxígeno (Mg/l)

#	Fecha	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	Observaciones
1	15/12/95	4	6	107	10	759	1289	47		
2	29/12/95	54	92	92	15	1080	471	46		
3	9/1/96	19		96	157	1814	5193	114	607	
4	12/1/96	15		83	60	733	1152	78	5958	
5	17/1/96	25		491	105	7253	807	193	788	
6	19/1/96	29		65	85	4561	371	434	9776	
7	24/1/96	6		164	216	1167	996	94		
8	26/1/96	13		867	94	2675	540	31	7340	
9	31/1/96	14		804	89	3788	263	171	4316	
10	2/2/96	7		238	51	2525	186	44	8863	
11	7/2/96	4		143	44	2509	646	101	6274	
12	9/2/96	5		218	35	1483	971	283	8366	
13	26/2/96	5		315	53	207	732	83	2509	
14	28/2/96	82		507	234	2580	1226	171	7205	
15	6/3/96	30		561	65	599	1614	62	8855	
16	8/3/96	18		87	1	1317	554			
17	13/3/96	96		240	10	733	917		307	
18	19/3/96			389	65					Molinos parados, sólo fábrica
19	29/3/96	13		216	468	1530	306		7608	
20	10/4/96	1		107	65	822	409		9905	
21	12/4/96	5		184	17	1593	6108		9202	
22	17/4/96	30		243	37	2193	737		6692	
23	19/4/96	30		189	30	1846	457		2177	
24	24/4/96	270		594	261	2722	1621		2754	
25	26/4/96	26		2335	412	54	60		2864	Parada por falta de caña
26	30/4/96	28		449	235	2446	283		6306	
27	12/5/96	23		38	17	1775	1649		2975	
28	15/5/96	13		433	19	662	1806		1862	
29	17/5/96	6		67	4	37	121		362	Molinos parados, sólo fábrica
30	5/6/96	17		396		4	60			generando energía eléctrica

Promedio	30	49	357	48	1775	1089	124	5161
Máximo	270	92	2335	468	7253	6108	434	9905
Mínimo	1	6	38	1	54	60	47	307

Clave de códigos:

P1 Río afluente P5 Desfogue fábrica
P2 Agua de pozo P6 Desfogue patio de caña
P3 Planta eléctrica P7 Desfogue taller automotriz
P4 Río efluente P8 Desfogue lavado de caña

Tabla III Temperatura (°C)

#	Fecha	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	Observaciones
1	15/12/95	22	23	38	22	32	44	24		
2	29/12/95	23	26	29	24	32	38	27		
3	9/1/96	21		27	23	27	42	24	24	
4	12/1/96	22		28	25	27	41	25	23	
5	17/1/96	22		27	24	32	40	26	26	
6	19/1/96	22		30	25	32	41	27	28	
7	24/1/96	25		34	27	33	44	28		
8	26/1/96	22		30	25	33	44	26	24	
9	31/1/96	23		47	27	34	39	28	28	
10	2/2/96	34		36	26	33	41	30	28	
11	7/2/96	23		27	23	31	40	26	22	
12	9/2/96	23		45	41	34	41	24	25	
13	26/2/96	23		29	27	31	39	32	25	
14	28/2/96	22		28	26	34	39	28	24	
15	6/3/96	24		30	27	34	43	32	28	
16	8/3/96	23		35	27	32	41			
17	13/3/96	23		30	25	32	39		23	
18	29/3/96	23		32	26	26	40			Molinos parados, sólo fábrica
19	10/4/96	25		30	31	35	42		28	
20	12/4/96	24		31	25	36	38		26	
21	17/4/96	23		83	24	28	39		24	
22	19/4/96	24		50	24	31	40			
23	24/4/96	23		46	24	26	39		25	
24	26/4/96	23		70	27	30	40		27	
25	30/4/96	25		33	26	35	35		28	Parada por falta de caña
26	10/5/96	23		39	25	34	37		28	
27	12/5/96	26		45	25	35	28		27	
28	15/5/96	24		26	26	35	24		25	
29	17/5/96	24		26	24	26			25	Molinos parados, sólo fábrica
30	5/6/96	24		43		33				generando energía eléctrica

Promedio	24	25	36	26	32	39	27	26
Máximo	34	26	83	41	36	44	32	28
Mínimo	21	23	24	22	26	24	24	22

Clave de códigos:

P1 Río afluente	P5 Desfogue fábrica
P2 Agua de pozo	P6 Desfogue patio de caña
P3 Planta eléctrica	P7 Desfogue taller automotriz
P4 Río efluente	P8 Desfogue lavado de caña

Tabla IV pH

#	Fecha	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	Observaciones
1	15/12/95	8.54	7.36	8.53	8.4	7.43	7.46	7.5		
2	29/12/95	8.43	7.44	7.77	8.33	6.91	7.16	7.47		
3	9/1/96	8.11		7.7	6.95	6.52	6.21	7	7.12	
4	12/1/96	8.53		8.62	7.47	7.18	7.56	7.4	4.46	
5	17/1/96	8.38		7.85	7.3	6.89	6.98	7.24	6.74	
6	19/1/96	8.4		8.1	7.5	7.4	8.1	7.1	6.7	
7	24/1/96	8.47		8.61	7.74	7.54	9.46	7.2		
8	26/1/96	8.43		8.13	7.09	6.8	7	7.01	6.3	
9	31/1/96	8.36		8.66	7.44	6.7	7.39	7.12	6.29	
10	2/2/96	8.5		9.23	7.51	7.04	7.52	7.32	6.46	
11	7/2/96	8.4		8.1	7.5	6.7	7.1	7.2	6.7	
12	9/2/96	8.54		8.21	7.4	6.48	6.94	7.74	6.35	
13	26/2/96	8.5		8.36	7.42	7.13	7.41	7.75	6.94	
14	28/2/96	8.5		8.34	7.28	6.03	7.32	7.33	6.7	
15	6/3/96	8.42		7.45	7.25	6.67	6.51	7.51	6.3	
16	8/3/96	8.36		7.72	8.03	6.37	7.11			
17	13/3/96	8.32		7.85	7.87	6.9	9.67		7.61	
18	29/3/96	8.06		8.15	7.41	7.05	8.88			
19	10/4/96	8.8		8.2	7.35	7.1	7.6		6.8	
20	12/4/96	8.62		8.12	7.65	6.56	7.33		6.03	
21	17/4/96	8.42		8.53	8.1	6.73	7.5		6.11	
22	19/4/96	8.56		8.68	8.25	6.7	7.7		6.47	
23	24/4/96	7.6		8.3	7.82	6.78	7.05		6.3	
24	26/4/96	7.9		7.52	7.64	6.28	6.68		6.41	
25	30/4/96	8.17		6.76	8	7.06	8.13		6.68	
26	10/5/96	8.5		8.5	8.4	7	8		6.3	
27	12/5/96	8.49		8.56	8.41	7.16	7.08		6.48	
28	15/5/96	8.5		8.2	8.37	6.83	7.03		7.3	
29	17/5/96	8.39		8.08	8.39	7.48	8.27		7.63	Molinos parados, sólo fábrica
30	5/6/96	8.34		8.17		8.11	7.45			generando energía eléctrica

Promedio	8.38	7.4	8.17	7.73	6.47	7.52	7.33	6.55
Máximo	8.8	7.44	9.23	8.41	8.11	9.67	7.75	7.63
Mínimo	7.6	7.36	6.76	6.95	6.03	6.21	7	4.46

Clave de códigos:

P1 Río afluente	P5 Desfogue fábrica
P2 Agua de pozo	P6 Desfogue patio de caña
P3 Planta eléctrica	P7 Desfogue taller automotriz
P4 Río efluente	P8 Desfogue lavado de caña

Tabla V Oxígeno Disuelto (Mg/l)

#	Fecha	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	Observaciones
1	15/12/95	7.7	7.0	4.5	6.8	4.0	3.8	2.1		
2	29/12/95	6.9	6.6	4.7	6.5	0.2	0.0	3.8		
3	9/1/96	7.0		3.7	1.9	0.0	0.0	0.0	2.9	
4	12/1/96	7.0		4.5	2.1	0.5	0.1	1.6	0.2	
5	17/1/96	7.4		3.9	1.4	0.2	0.2	1.5	0.4	
6	19/1/96	6.8		4.0	5.0	5.0	4.7	1.6	3.4	
7	24/1/96	6.9		5.0	4.1	3.5	3.8	1.2	0.0	
8	26/1/96	7.2		1.4	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	
9	31/1/96	7.3		2.7	2.1	0.2	0.2	1.2	0.2	
10	2/2/96	6.9		4.6	2.4	0.2	0.3	2.4	0.2	
11	7/2/96	6.8		4.3	4.4	0.1	0.5	2.9	1.3	
12	9/2/96	7.2		0.1	2.5	0.1	0.1	4.5	0.2	
13	26/2/96	7.2		5.1	2.0	0.5	0.4	6.0	0.1	
14	28/2/96									Falla en el medidor de oxígeno
15	6/3/96									Falla en el medidor de oxígeno
16	8/3/96									Falla en el medidor de oxígeno
17	13/3/96	7.3		3.6	5.8	0.5	4.1		4.6	
18	29/3/96	6.8		0.3	6.2	6.7	5.3			Molinos parados, sólo fábrica
19	10/4/96	8.1		3.1	0.7	0.5	0.4		0.6	
20	12/4/96	7.0		3.3	2.3	0.3	0.1		0.3	
21	17/4/96	5.7		2.7	4.9	0.1	0.1		0.3	
22	19/4/96	6.5		2.8	5.2	0.2	0.3		0.1	
23	24/4/96	6.3		3.7	5.2	0.2	0.1		0.2	
24	26/4/96	6.2		0.9	4.7	0.1	0.0		0.1	
25	30/4/96	7.2		1.8	5.6	3.2	4.7		3.2	
26	10/5/96	7.8		4.1	5.4	7.1	4.0		0.3	
27	12/5/96									Falla en el medidor de oxígeno
28	15/5/96									Falla en el medidor de oxígeno
29	17/5/96									Falla en el medidor de oxígeno
30	5/6/96									Falla en el medidor de oxígeno

Promedio	7.0	6.8	3.3	3.8	1.5	1.5	2.2	0.9
Máximo	8.1	7.0	5.1	6.8	7.1	5.3	6.0	4.6
Mínimo	5.7	6.6	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0

Clave de códigos:

P1 Río afluente	P5 Desfogue fábrica
P2 Agua de pozo	P6 Desfogue patio de caña
P3 Planta eléctrica	P7 Desfogue taller automotriz
P4 Río efluente	P8 Desfogue lavado de caña

Tabla VI Turbidez (NTU)

#	Fecha	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	Observaciones
1	15/12/95									
2	29/12/95									
3	9/1/96	1.2		6.0	9.9	57.5	59.8	23.0	57.1	
4	12/1/96	1.4		28.0	8.4	68.9	5.0	10.1	59.1	
5	17/1/96	1.3		18.5	11.2	84.7	26.9	10.2	47.5	
6	19/1/96	4.2		11.1	14.1	73.3	6.4	30.7	200.0	
7	24/1/96	3.2		16.1	10.0	71.7	19.8	26.3		
8	26/1/96	0.8		21.8	11.9	79.0	6.6	10.7	200.0	
9	31/1/96	1.6		38.0	9.1	101.2	4.1	10.2	200.0	
#	2/2/96	0.6		35.9	6.4	81.7	3.0	6.6	200.0	
#	7/2/96	1.2		15.6	10.4	72.4	10.3	8.1	200.0	
#	9/2/96	0.7		7.9	7.0	66.7	6.2	2.5	200.0	
#	26/2/96	1.4		19.1	8.8	11.8	3.3	14.9	73.7	
#	28/2/96	0.5		7.6	43.1	156.3	10.9	27.0	200.0	
#	6/3/96	0.5		26.3	20.2	84.4	41.2	13.2	200.0	
#	8/3/96	0.4		14.1	1.1	65.9	4.5			
#	13/3/96	0.9		12.0	1.4	95.9	8.7		54.8	
#	29/3/96	0.6		35.1	14.8	23.8	4.0			Molinos parados, sólo fábrica
#	10/4/96	1.5		18.9	66.1	97.0	14.9		200.0	
#	12/4/96	0.8		17.2	17.3	82.8	8.4		200.0	
#	17/4/96	5.5		19.8	8.5	73.7	14.0		200.0	
#	19/4/96	3.1		13.7	5.5	87.4	39.5		200.0	
#	24/4/96									
#	25/4/96	3.8		19.3	3.7	71.5	32.7		53.8	
#	30/4/96	2.9		107.9	4.3	52.9	5.2		200.0	Parada por falta de caña
#	10/5/96	7.3		43.8	0.5	91.9	33.6		200.0	
#	12/5/96	8.3			9.9					
#	15/5/96	6.3		29.8	7.4	76.6	33.8		72.3	
#	17/5/96	11.6		19.0	9.6	25.0	20.0		63.2	Molinos parados, sólo fábrica
#	5/6/96	16.3		34.7		13.3	17.4			generando energía eléctrica

Promedio	3.3		24.5	12.3	71.8	16.9	14.9	149.2
Máximo	16.3		107.9	66.1	156.3	59.8	30.7	200.0
Mínimo	0.4		6.0	0.5	11.8	3.0	2.5	47.5

Clave de códigos:

P1 Río afluente	P5 Desfogue fábrica
P2 Agua de pozo	P6 Desfogue patio de caña
P3 Planta eléctrica	P7 Desfogue taller automotriz
P4 Río efluente	P8 Desfogue lavado de caña